Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники
(ТУСУР)

Кафедра физики

А.В. Лячин

СБОРНИК ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ ПО ФИЗИКЕ

Задачник для студентов всех направлений подготовки

2023

УДК 530
ББК 22.3

Рецензент:

Климов А.С., профессор кафедры физики ТУСУР, д.т.н.

Лячин, Александр Владимирович

Сборник олимпиадных заданий по физике. Задачник для студентов всех направлений подготовки / Под редакцией А.В. Лячина. Томск, ТУСУР, 2023, 65 с.

Пособие представляет собой сборник задач, которые использовались на внутривузовском туре олимпиады по физике для студентов ТУСУР за последние пятнадцать лет. В нем содержатся задачи по таким разделам физики, как: механика, молекулярная физика и термодинамика, электромагнетизм, колебания и волны.

Пособие предназначено для подготовки студентов ТУСУР всех направлений к участию во внутривузовском и межвузовском турах региональной олимпиады по физике. Также оно может быть использовано преподавателями классических, технических, педагогических университетов в качестве методических материалов при организации олимпиад и подготовке студентов к участию в конкурсах и олимпиадах. В пособие включены задания Интернет-олимпиад для студентов технических специальностей 2019 и 2023 года.

Одобрено на заседании каф. физики протокол № 106 от 28.08.2023

УДК 530
ББК 22.3

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие предназначено для самостоятельной подготовки студентами ТУСУР, и для преподавателей, осуществляющих их подготовку к внутривузовскому и межвузовскому турам региональной олимпиады по физике. Первостепенное значение имеет умение студента анализировать физические явления и процессы, происходящие в различных системах, адекватно понимать условия задач по физике, уверенно решать задачи и грамотно оформлять их решение. Поэтому основная цель данного пособия – способствовать приобретению этих навыков. Пособие призвано помочь студентам приобрести навыки и уверено решать олимпиадные задачи по физике.

Все задачи в пособии разбиты на 4 раздела по тематическому принципу. Задачи по этим 4 разделам являются основой для олимпиадных билетов разного уровня региональных, всероссийских олимпиад для школьников и студентов вузов.

В каждой главе студенту предлагается база задач для самостоятельного решения. Ответы ко всем задачам банка приведены в конце пособия. В приложении 1 приведены константы, которые могут пригодиться при решении задач.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Олимпиада по физике требует от участников умения решать текстовые задачи разного уровня сложности. Умение решать текстовые задачи среднего и высокого уровня является определяющим для успеха на олимпиаде. Процесс решения может быть разбит на 4 этапа.

1. Анализ условия задачи и его наглядная интерпретация посредством схемы или чертежа. На этом этапе следует уяснить физическое содержание задачи, понять, какие процессы и явления включены в ее условие.

Ознакомившись с условием задачи, не следует пытаться сразу найти искомую величину. Необходимо помнить, что ближайшая цель решения состоит в том, чтобы перейти от физической модели задачи к математической, записав ее условие с помощью формул. Для этого нужно четко представить себе физическое явление, о котором говорится в условии задачи, установить, какие законы физики лежат в основе данного явления, вспомнить математическое выражение этих законов.

Чтобы хорошо понять условие задачи, необходимо сделать схематический чертеж, где, хотя бы условно, указать все величины, характеризующие данное явление. Если при этом окажется, что для полного описания явления надо использовать величины, не фигурирующие в условии задачи, их нужно ввести в решение самим, так как в большинстве случаев без них невозможно найти связь между искомыми и заданными величинами.

Сделав чертеж, следует еще раз прочитать условие задачи и отметить, какие из величин, указанных на чертеже, даны и какие требуется найти.

2. Составление алгебраических уравнений, связывающие физические величины, которые характеризуют рассматриваемое явление с количественной стороны. На этом этапе с помощью физических законов и формул следует установить математическую связь между всеми величинами, введенными в решение при символическом описании рассматриваемого явления. В результате получится одно или несколько уравнений, включающих в себя как заданные, так и неизвестные величины, т.е. физическая задача сводится к математической. При этом особое внимание следует обратить на векторный характер ряда величин, входящих в формулы физики. Для полного определения этих величин необходимо учитывать не только их числовое значение, но и направление. При этом нужно помнить, что модуль и направление – это две неотъемлемые характеристики любого вектора. Если происходит изменение векторной величины, то это значит, что меняется или ее числовое значение, или направление, или то и другое вместе. Векторные величины равны только в том случае, если их модули равны и направления одинаковы.

3. Совместное решение полученных уравнений относительно искомой величины. Прежде чем решать составленную систему уравнений, полезно убедиться в том, что число неизвестных равно числу уравнений, иначе система не будет иметь определенного решения. В том случае, если число неизвестных превышает число уравнений, приходится искать дополнительные уравнения. Дополнительные уравнения могут выражать следующие условия: следствия, вытекающие из стандартных упрощающих допущении (например, допущение о невесомости нитей и блоков): связи между видами движения, которые указаны в условии задачи: особые свойства отдельных видов сил (упругости, трения, тяготения): разного рода геометрические соотношения, указанные в задаче. Решение системы уравнений желательно начинать с исключения тех физических величин, которые не требуется находить по условию задачи, и следить за тем, чтобы при каждом алгебраическом действии число неизвестных уменьшалось. Третий этап заканчивается повторной проверкой полученной системы уравнений и решением этой системы.

4. Анализ полученного результата и числовой расчет.

Получив ответ в общем виде, следует проверить правильность расчетных формул по размерности.

В большинстве случаев есть возможность проверить правдоподобность полученного результата. Это можно сделать, если из общего выражения определить, как будет вести себя найденная величина при переходе к предельным значениям параметров, характеризующих физическое явление.

Характерные ошибки, возникающие при решении задач.

1. При решении динамических задач не учитывается разное воздействие на движение тел сил трения покоя и сил трения скольжения.

2. При общей правильной формулировке законов Ньютона не фиксируется система отсчета, в которой они выполняются, и не отмечается векторный характер этих законов. Смешиваются понятия центробежной и центростремительной сил.

3. Неправильно определяются направления полного ускорения и равнодействующей силы при неравномерном движении тела по окружности.

4. Неправильно учитывается замкнутость систем при использовании законов сохранения энергии и импульса. Не учитывается также, что механическая энергия сохраняется только при отсутствии сил трения. Часто забывается векторный характер закона сохранения импульса.

5. При описании колебательного движения не учитывают зависимость амплитуды и фазы колебаний тела от внешних условий, вызвавших эти колебания.

6.При решении задач из раздела «Статика» забывается второе условие равновесия твердого тела: условие равенства нулю суммарного момента внешних сил. Возникают трудности при нахождении моментов сил из-за неумения правильно найти плечо силы, при записи правила моментов часто бывают ошибки в знаках слагаемых. Иногда моменты сил находятся относительно разных осей.

7. Возникают ошибки при идентификации изопроцессов, адиабатного процесса и при применении первого закона термодинамики для этих процессов.

8. Незнание выражения для теплоемкости одноатомного идеального газа при постоянном объеме и постоянном давлении часто вызывает трудности при решении термодинамических задач.

9. Многие не знают правильного определения таких понятий, как напряженность электростатического поля, забывают о векторном характере напряженности, не могут использовать принцип суперпозиции полей, не имеют четкого представления о физическом смысле этих характеристик поля. Не пользуются графическим представлением электрического и магнитного полей.

10. Используя закон Кулона, забывают, что он справедлив только для точечных зарядов или тел со сферически симметричным распределением заряда.

11. Недостаточно глубокое понимание физического содержания закона электромагнитной индукции Фарадея вызывает большие трудности при решении задач на его практическое применение.

Из выше изложенного следует: для того, чтобы экспертная комиссия, проводящая проверку решений участников олимпиады, оценила работу участника на максимальное количество баллов, необходимо соблюдать некоторые правила оформления решений.

Решение олимпиадных задач должно быть максимально подробно прокомментировано и оформлено. Подробное физически верное решение, приводящее к правильному ответу должно содержать следующие обязательные элементы:

Анализ. Суть его в том, что студент должен описать основные процессы и явления, о которых идёт речь в задаче.

Пример: в задаче надо найти время полёта камня, брошенного вертикально вверх. Студент должен написать, что: 1) движение камня в поле тяжести Земли является равноускоренным; 2) ускорение равно g=9,8 м/с^2 и направлено оно вертикально вниз; 3) камень движется по прямолинейной траектории, поэтому для описания его движения достаточно одной оси координат.

Рисунок. Рисунок, иллюстрирующий условие задачи и ход рассуждений по ее решению, обязателен во всех задачах:

а) кинематики, динамики, где используются векторные величины (при этом необходимо указать направления всех векторных величин в выбранной системе отсчета, траектории движения, необходимые геометрические построения);

б) молекулярной физики и термодинамики (графики процессов);

в) на расчет электрических и магнитных полей и движение тел в этих полях (направление силовых характеристик полей, направление движения, направление силы);

г) на явление электромагнитной индукции и поток вектора магнитной индукции (направление вектора магнитной индукции, положение контура, направление нормали к поверхности ограниченной контуром, направление тока в контуре, в том числе индукционного);

д) на электрические цепи (электрическая схема, колебательный контур, соединения конденсаторов и сопротивлений);

Название физических законов и формул. Примеры: «по определению», «закон Джоуля-Ленца», «уравнение кинематики равноускоренного движения», «из геометрии».

Условия применимости формул. Примеры: 1. «Будем решать задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Эту систему можно приближённо считать инерциальной. Тогда справедлив второй закон Ньютона». 2. «При протекании тока в проводниках справедлив закон Ома».

Пояснения к математическим выкладкам. Этот элемент может отсутствовать, если задача решается с помощью одной формулы.

Пояснения к вводимым обозначениям, если они не являются общепринятыми и не трактуются однозначно. Примеры: 1. «Пусть t_1 – время полёта первого тела, а t_2 – время полёта второго тела». 2. «Пусть L – длина поезда, S – путь пройденный поездом, x – расстояние между поездами». 3. «Пусть υ – скорость лодки относительно берега, u – скорость течения реки, υ' – скорость лодки относительно реки».

Проверка размерности.

Правильный числовой ответ.

Указание единиц измерения искомой величины (искомых величин, если задача решена по действиям).

В конце решения задачи необходимо **записать ответ** в виде:

Ответ: А=23,5 кДж

Ответ должен включать численное значение результата в виде десятичной дроби и единицы измерения. ***Необходимо давать ответ в тех единицах измерения, которые указаны в условии задачи.***

При записи ответа, необходимо руководствоваться следующим правилом: если числовой ответ содержит более четырёх значащих цифр, то его нужно записать, в виде десятичной дроби – одна цифра до запятой, две цифры после запятой и затем умножить на 10 в необходимой степени. Либо, если используются приставки единиц измерения «кило», «мега», «милли», «микро» и т.д., то 2-3 цифры до запятой, и 1-2 цифры после запятой.

Например, допускается запись 1234 Н или $1{,}23\cdot10^3$ Н (1,23 кН); а число 12345 Н уже следует записать как $1{,}23\cdot10^4$ Н, либо 12,34 кН).

Параметры, напечатанные в условии задания выделенным (жирным) курсивным шрифтом, считаются исходными данными к задаче. Ответ должен быть представлен только через эти параметры.

РАЗДЕЛ 1. МЕХАНИКА
1.1. КИНЕМАТИКА

1. Частица движется в плоскости xy с постоянным ускорением $\boldsymbol{a}$, направленным противоположно оси y. Уравнение траектории частицы имеет вид $y = \alpha x - \beta x^2$, где α и β – положительные постоянные. Найти скорость частицы в начале координат.

2. На мотошоу, каскадёр должен выполнить трюк – разогнавшись на мотоцикле, он должен, въехав на трамплин, перелететь грузовик, стоящий в длину на его пути. Высота грузовика от верхней точки трамплина составляет $\boldsymbol{H}$, а длина $\boldsymbol{L}$. Определите минимальную скорость, до которой должен разогнаться каскадёр, если трамплин может быть размещён в любой удобной для каскадёра точке и составлять с горизонтом любой необходимый угол. Размерами мотоцикла в условии данной задачи пренебречь. Ускорение свободного падения $\boldsymbol{g}$.

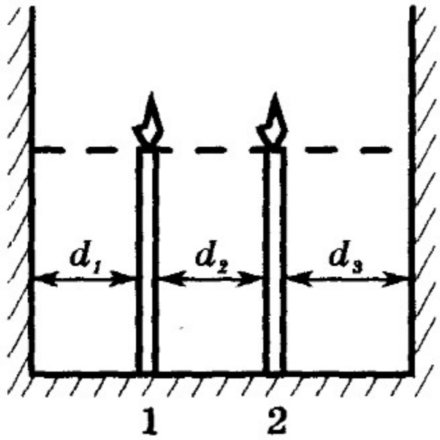
3. Из одной точки вылетают одновременно два камня с горизонтальными противоположно направленными скоростями $\boldsymbol{V_1}$ и $\boldsymbol{V_2}$. Чему будет равно расстояние между камнями в тот момент, когда угол между направлениями векторов скоростей этих камней будет равен 90°?

4. На горизонтальной плоскости лежит полусфера радиусом $\boldsymbol{R}$ (выпуклой стороной вверх). Из точки, находящейся над центром полусферы, бросают горизонтально маленькое тело, которое падает на плоскость, не касаясь полусферы. Найдите минимально возможную скорость тела в момент его падения на плоскость. Сопротивлением воздуха в этой задаче можно пренебречь.

5. За лисой, бегущей прямолинейно и равномерно со скоростью $\boldsymbol{v_1}$, гонится собака с постоянной по величине скоростью $\boldsymbol{v_2}$. Вектор скорости собаки все время направлен на лису. В момент времени, когда вектора $\boldsymbol{v_1}$ и $\boldsymbol{v_2}$ оказались перпендикулярными, расстояние между лисой и собакой было равно $\boldsymbol{l}$. Каково было ускорение собаки в этот момент времени?

6. Тело брошено под углом α к горизонту. При этом отношение максимальной высоты подъема к дальности полета $H/L = \boldsymbol{a}$. Каким будет отношение H_1/L_1, если тело бросить под углом $\alpha_1 = 90° - \alpha$ к горизонту?

7. Две свечи одинаковой длины $\boldsymbol{l}$, но разного диаметра зажгли одновременно и поставили, как показано на рисунке. Скоро наблюдатель заметил, что тень на левой стене поднимается со скоростью $\boldsymbol{v_1}$, а на правой – опускается со скоростью $\boldsymbol{v_2}$. Определите, через какой промежуток времени сгорят обе свечи. Расстояния $\boldsymbol{d_1}$, $\boldsymbol{d_2}$, $\boldsymbol{d_3}$ считать известными, диаметрами свечей пренебречь по сравнению с этими расстояниями.



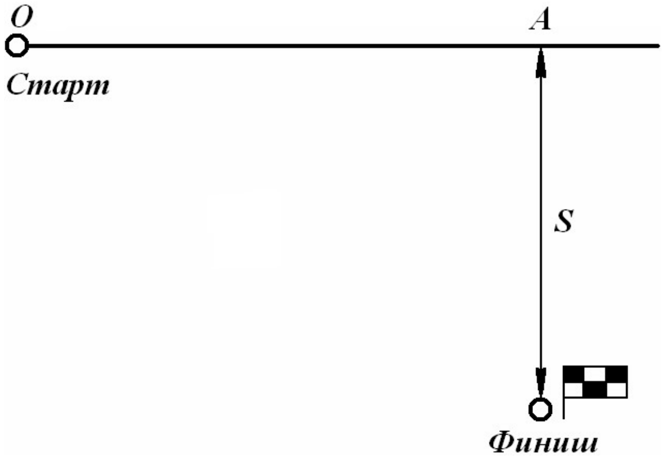
8. Два морских лайнера идут на встречу друг другу параллельными курсами с одинаковыми скоростями $\boldsymbol{v}$. Длина каждого корабля равна $\boldsymbol{L}$. В момент времени, когда носовые части кораблей выровнялись, капитан одного из них отдал приказ включить обратный ход и его лайнер начал двигаться с постоянным ускорением $\boldsymbol{a}$, удовлетворяющим условию $a \geq 1{,}2\dfrac{v^2}{L}$. Найти максимальное время, в течение которого корабли снова разойдутся в море.

9. На соревнованиях по челночному бегу, спортсмен бежал по прямой из точки A. С момента старта он, в течение промежутка времени $\boldsymbol{\tau}$, бежал с ускорением $\boldsymbol{a}$. После чего, он начал тормозить так, что его ускорение стало равным по величине $2\boldsymbol{a}$ и не изменялась до самого финиша. Спустя некоторое время, он вернулся назад в точку A. Чему равна средняя путевая скорость спортсмена?

10. Профессор ездит на работу в университет на автобусе, который всегда ходит точно по расписанию. Дом профессора стоит около дороги между остановками A и B на расстоянии $\boldsymbol{l}$ от остановки A. Автобус едет в направлении от A к B с постоянной скоростью $\boldsymbol{V}$. Найдите, за какой минимальный промежуток времени до прибытия автобуса на остановку В профессор должен выходить из дома, чтобы успеть на него, если профессор ходит со скоростью $\boldsymbol{U}$, а время, в течение которого автобус стоит на остановке, пренебрежимо мало. Расстояние между остановками равно $\boldsymbol{L}$.

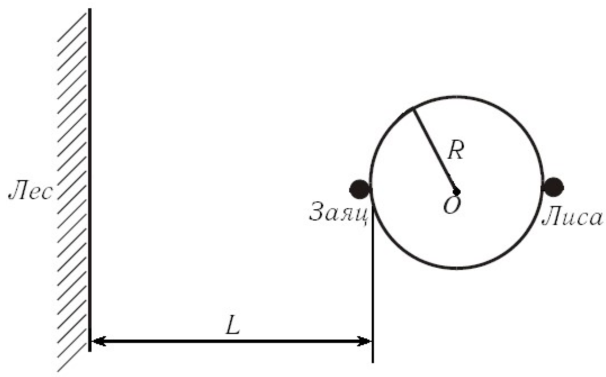
11. Когда хвост удава поравнялся с пальмой, под которой сидела мартышка, она, решив измерить длину удава, побежала вдоль него и положила банан рядом с его головой, затем побежала с той же скоростью в обратном направлении и положила второй банан у хвоста. Пришёл попугай и измерил расстояния от бананов до пальмы. Они оказались равны 16 и 48 попугаям. Найдите длину удава. Определите соотношение скоростей мартышки и удава.

12. На одном из этапов ралли «Париж–Дакар» трасса частично проходит по прямолинейной наезженной дороге, а частично по песчаным дюнам (см. рисунок). Точка старта O положена на дороге, а «Финиш» находится в дюнах на расстоянии $\boldsymbol{S}$ от дороги. Известно, что скорость автомобилей по дороге в $\boldsymbol{n}$ раз больше их скорости по песку. Определите, на каком расстоянии от точки старта, штурман должен посоветовать свернуть с дороги, чтобы прийти к «финишу» за самое короткое время, если расстояние OA известно.



13. Маленький камень и вертикально расположенный стержень длины $\boldsymbol{L}$ начинают падение из состояния покоя с разницей во времени $\boldsymbol{\Delta t}$. Причём, стержень начинает падение в тот момент, когда камешек находится на одном уровне с его верхним концом. Через некоторое время камешек и нижний конец стержня одновременно стукнулись о пол. Найти: 1) высоту, с которой упал камешек, 2) полное время падения камня, 3) полное время падения стержня.

14. Заяц и Лиса оказались одновременно на противоположных берегах круглого озера радиусом $\boldsymbol{R}$, находящегося на расстоянии $\boldsymbol{L = 1{,}5R}$ от кромки леса (см. рисунок). Заяц бросился в лес по кратчайшему расстоянию со скоростью $\boldsymbol{v_з}$, а голодная Лиса побежала по берегу озера в надежде поймать Зайца.



Определите максимальное отношение скорости Лисы к скорости Зайца, при котором Заяц успеет скрыться в лесу, до того как Лиса, обогнув озеро, успеет увидеть, в каком месте Заяц вбежал в лес. Лиса во время бега может смотреть только прямо перед собой. Ответ дать с точностью до сотых долей.

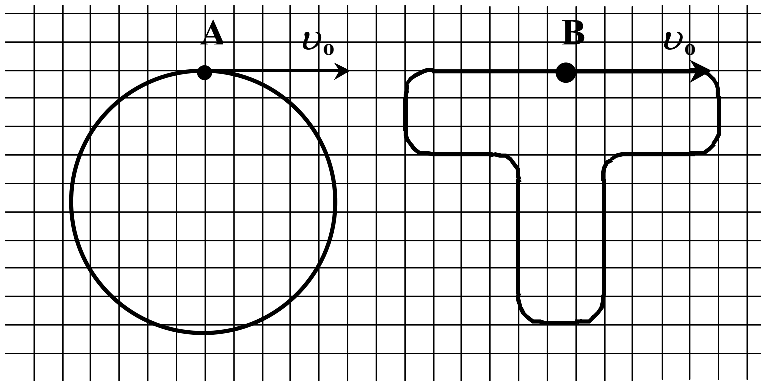
15. На потолке кабины вертолёта образовался конденсат. Через некоторое время $\boldsymbol{t}$, после того как вертолёт начал подниматься с постоянным вертикальным ускорением $\boldsymbol{a}$, с потолка оторвалась капля. Высота кабины вертолёта от потолка до пола равна $\boldsymbol{H}$. Определите время падения капли до пола, а также перемещение и путь капли за время падения в системе отсчета связанной с поверхностью Земли.

16. Мальчик решил пострелять из рогатки по мишени, расположенной на возвышении. Мишень видна с места, где находится мальчик под углом $\boldsymbol{\alpha}$ к горизонту. Камень из рогатки вылетает с начальной скоростью $\boldsymbol{v_0}$ под углом $\boldsymbol{\beta}$ ($\beta > \alpha$) к горизонту. Каково должно быть расстояние s по прямой, от места выстрела до мишени, чтобы мальчик попал в мишень?

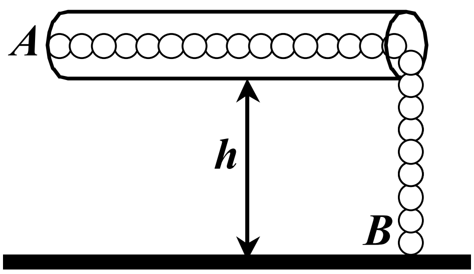
1.2. ДИНАМИКА

1. В ракете массой $\boldsymbol{m_0}$ запас горючего составляет $\boldsymbol{\alpha}$ веса ракеты. При отсутствии силы тяжести ракета приобретает наибольшее ускорение – **10** $\boldsymbol{g}$ и наибольшую скорость через $\boldsymbol{t_0}$ после запуска. Определить наибольшую скорость ракеты и величину реактивной силы, если расход топлива постоянен.

2. Проволока изогнута в виде окружности и зафиксирована. Вдоль нее может двигаться маленькая бусинка. Вдоль прямой бусинка движется равномерно, при движении по криволинейному участку возникает сила трения скольжения с коэффициентом $\boldsymbol{\mu} = 0{,}05$. В начальный момент времени бусинка находилась в точке A и имела скорость $\boldsymbol{v_0} = 1$ м/с. Найдите скорость бусинки, когда она первый раз снова окажется в исходной точке. Пусть теперь проволока имеет форму плоской замкнутой кривой. Найдите в этом случае скорость бусинки, когда она в первый раз окажется в исходной точке B.



3. Цепочка AB длины $\boldsymbol{l}$ находится в гладкой горизонтальной трубке так, что ее конец длиной $\boldsymbol{h}$ свободно свешивается, касаясь своим концом B поверхности стола. В некоторый момент конец цепочки A отпустили. С какой скоростью он вылетит из трубки?



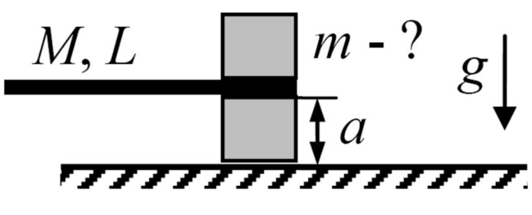
4. Представим себе планету радиусом $\boldsymbol{R}$ полностью состоящую из однородного вещества с одинаковой плотностью ρ. Получите зависимость давления внутри планеты как функцию расстояния от её центра. Определите, чему будет равно давление в центре планеты.

5. Твердое тело движется в воздухе с очень большой скоростью $\boldsymbol{V}$ (намного превышающей среднюю скорость движения молекул воздуха). Докажите, что сила сопротивления пропорциональна $\boldsymbol{AV^2}$, где $\boldsymbol{A}$ – площадь лобовой поверхности тела.

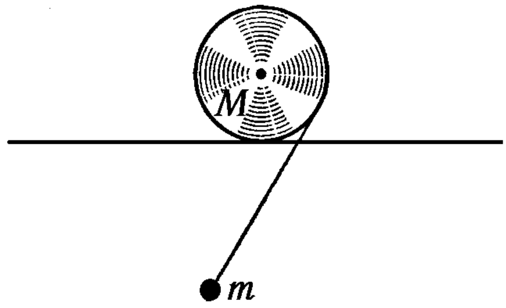
6. Спутник Земли массой $\boldsymbol{m}$ со средним поперечным сечением $\boldsymbol{S}$ движется по круговой орбите на высоте $\boldsymbol{h}$, где средний пробег молекул измеряется метрами и плотность воздуха равна $\boldsymbol{\rho}$. Считать соударения молекул со спутником абсолютно неупругими (молекулы не прилипают к спутнику, но отскакивают от него с очень малыми относительными скоростями). Какая тормозящая сила будет действовать на спутник за счёт трения о воздух? Радиус Земли считать заданным и равным $\boldsymbol{R}$. Ускорение свободного падения вблизи поверхности Земли равно $\boldsymbol{g}$.

7. На горизонтальной поверхности лежит брусок массы $\boldsymbol{m_1}$. На бруске находится кубик массой $\boldsymbol{m_2}$. Коэффициент трения между бруском и горизонтальной поверхностью $\boldsymbol{\mu}$. Трение между кубиком и бруском столь велико, что кубик относительно бруска скользить не может. С какой минимальной горизонтальной силой нужно подействовать на брусок, чтобы кубик опрокинулся?

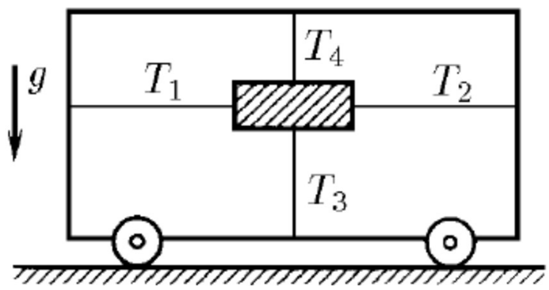
8. Между двумя одинаковыми кубиками с длиной ребра $\boldsymbol{a}$, стоящими точно друг над другом, вдвинута тонкая пластинка длиной $\boldsymbol{L}$ ($\boldsymbol{L} > 2\boldsymbol{a}$) и массой $\boldsymbol{M}$. Один из концов пластинки находится вровень с краями кубиков (см. рисунок). При какой минимальной массе m кубика возможно такое равновесие?



9. На горизонтальных параллельных рельсах находится однородный вал с намотанной на него невесомой ниткой, на конце которой привязан груз. Сначала система вал + груз находится в покое. Затем вал освобождают. Через некоторое время ось вала начинает двигаться с постоянным ускорением $\boldsymbol{a}$ (см. рисунок). Зная, что движение вала совершается без проскальзывания, определите: а) соотношение масс груза m и вала M; б) минимальный коэффициент трения движущегося вала о рельсы (трением качения пренебречь).

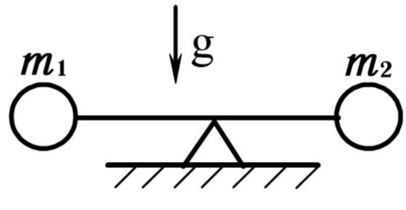


10. В катящейся по горизонтальной плоскости тележке закреплён груз четырьмя натянутыми тросами (см. рисунок). Силы натяжения тросов известны и равны соответственно: для горизонтальных тросов – $\boldsymbol{T_1}$ и $\boldsymbol{T_2}$, для вертикальных – $\boldsymbol{T_3}$ и $\boldsymbol{T_4}$. Определите исходя из этих данных горизонтальное ускорение тележки.



11. Определите максимальное ускорение, с которым заднеприводный автомобиль с расстоянием между передней и задней осями $\boldsymbol{L} = 2$ м, центр тяжести которого расположен на высоте $\boldsymbol{h} = 1{,}6$ м от земли посередине между осями, может начать двигаться, если он находится а) на льду, б) на асфальте. Коэффициент трения скольжения колес по льду $\boldsymbol{\mu_1} = 0{,}1$; по асфальту $\boldsymbol{\mu_2} = 0{,}7$.

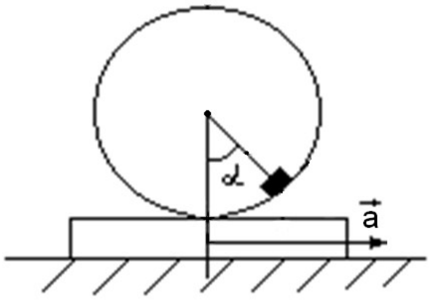
12. Стержень с закрепленными на концах грузами массы $\boldsymbol{m}_1$ и $\boldsymbol{m}_2$ опирается серединой на неподвижную подставку. В начальный момент стержень удерживают горизонтально, а затем отпускают. Пренебрегая массой стержня, найдите силу давления стержня на подставку, сразу после того, как его отпустили.



13. Пуля пробивает доску с толщиной $\boldsymbol{h}$. Найдите время пробивания доски, если известны скорости пули $\boldsymbol{v}_1$ до и $\boldsymbol{v}_2$ после пробивания, а также тот факт, что сила сопротивления пули в доске прямо пропорциональна квадрату скорости.

14. Однородный цилиндр радиуса $\boldsymbol{R}$ раскрутили вокруг его оси до угловой скорости $\boldsymbol{\omega_0}$ и поместили затем в угол. Коэффициент трения между стенками угла и цилиндром равен $\boldsymbol{k}$. Найти: а) сколько времени будет вращаться цилиндр; б) сколько оборотов сделает цилиндр до остановки.

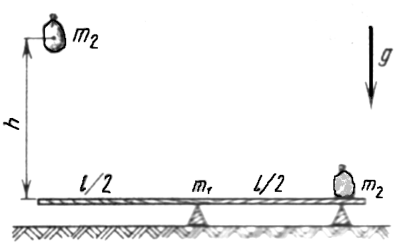
15. На плоской горизонтальной поверхности находится тонкостенная сфера, масса которой ничтожно мала. На внутренней части сферы лежит груз малых размеров, как это показано на рисунке. С каким ускорением a необходимо двигать плоскость в направлении, указанном на рисунке, чтобы сфера с грузом не изменила своего положения относительно плоскости? Скольжение сферы по плоскости отсутствует. Угол $\boldsymbol{\alpha}$ считать известным.



16. На ящик с песком массы $\boldsymbol{m}$, лежащий на горизонтальной поверхности льда, начали действовать с постоянной по модулю силой $\boldsymbol{F}$, направление которой изменяется в процессе прямолинейного движения ящика по закону $\boldsymbol{\alpha} = \boldsymbol{k}s^{1/2}$. Где $\boldsymbol{\alpha}$ – угол между направлением силы и горизонтом, $\boldsymbol{k}$ – положительная постоянная, s – путь, пройденный ящиком. Определите скорость бруска как функцию угла $\boldsymbol{\alpha}$, если сила $\boldsymbol{F}$ составляет четверть от силы тяжести ящика. Силой трения ящика о поверхность льда пренебречь.

17. Человек за верёвку, привязанную к саням, пытается сдвинуть их по горизонтальной поверхности. Масса саней в $\boldsymbol{N}$ раз больше массы человека. Коэффициенты трения саней и человека о горизонтальную поверхность равны соответственно $\boldsymbol{\mu_1}$ и $\boldsymbol{\mu_2}$. При каком наименьшем угле верёвки с горизонтальной поверхностью человеку удастся сдвинуть сани.

1.3. РАБОТА. ЭНЕРГИЯ. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

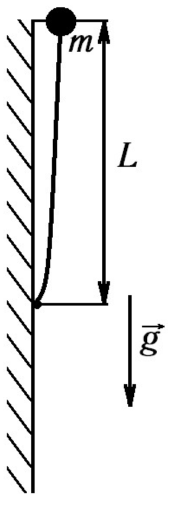


1. На какую высоту можно подбросить мешок с песком с помощью доски массы $\boldsymbol{m_1}$ и длины $\boldsymbol{l}$, если на другой конец этой доски с высоты $\boldsymbol{h}$ падает такой мешок с песком? Масса каждого мешка с песком равна $\boldsymbol{m_2}$.

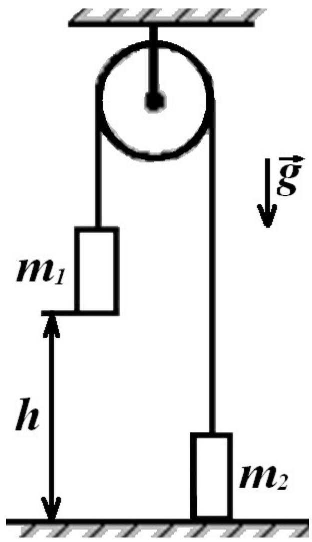
2. Какую минимальную скорость должна иметь частица, чтобы преодолеть притяжение нейтронной звезды массой равной массе Солнца $\boldsymbol{M_C}$, радиус которой равен $\boldsymbol{R}$? Если предположить гипотетическую вероятность вылета частицы без столкновений из центра такой звезды, то как бы изменилась ее минимальная начальная скорость?

3. С вершины полусферы радиусом $\boldsymbol{R}$, лежащей на горизонтальной подставке, съезжает небольшой грузик. Оторвется ли грузик от полусферы при движении? Если да, то на какой высоте от подставки? Трение грузика о поверхность сферы отсутствует. Начальная скорость грузика равна нулю.

4. Один конец невесомой горизонтальной пружины, жесткость которой равна $\boldsymbol{k}$, прикреплен к столу, а другой (свободный) соединен с бруском массой $\boldsymbol{m}$. Брусок совершает затухающие колебания. Сколько переходов совершит брусок через положение равновесия, если в начальный момент времени он находится на расстоянии $\boldsymbol{x_0}$ от положения равновесия, а коэффициент трения скольжения бруска о стол равен $\boldsymbol{\mu}$? Ускорение свободного падения принять равным $\boldsymbol{g}$.

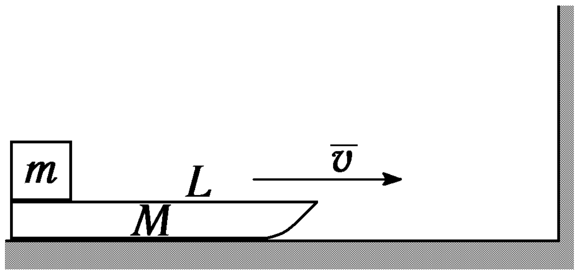


5. Альпинистская капроновая верёвка подчиняется закону Гука, пока не разрывается при силе натяжения $\boldsymbol{T}$, будучи растянутой на $\boldsymbol{\alpha}$ от своей первоначальной длины. Стандартный способ испытания верёвки такой: один конец верёвки длиной $\boldsymbol{L}$ закрепляют на стене, и с высоты, равной $\boldsymbol{L}$, сбрасывают груз массой m, привязанный к другому концу (см. рисунок). При какой максимальной массе груза m верёвка обязана выдержать рывок?



6. В установке на рисунке (машине Атвуда) массы грузов равны m_1 и m_2, блок и нить невесомы, трение отсутствует. Вначале более тяжёлый груз m_1 удерживают на высоте h над горизонтальной плоскостью, а груз m_2 стоит на этой плоскости, причём отрезки нити, не лежащие на блоке, вертикальны. Затем грузы отпускают без начальной скорости. Найдите, на какую максимальную высоту поднимется груз m_1 после абсолютно неупругого удара о плоскость, если нить можно считать гибкой, неупругой и практически нерастяжимой. Ускорение свободного падения равно g, блок находится достаточно далеко от грузов.

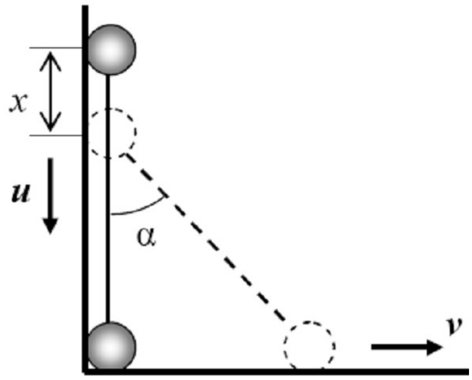
7. На гладкой неподвижной поверхности озера покоится кувшинка массой M и диаметром L. На одном краю кувшинки сидит лягушонок массы m. С какой наименьшей скоростью относительно озера должен прыгнуть лягушонок, чтобы попасть на противоположный край кувшинки? Какой угол α с горизонтом должен составлять вектор скорости, чтобы лягушонок затратил на этот прыжок минимум энергии?



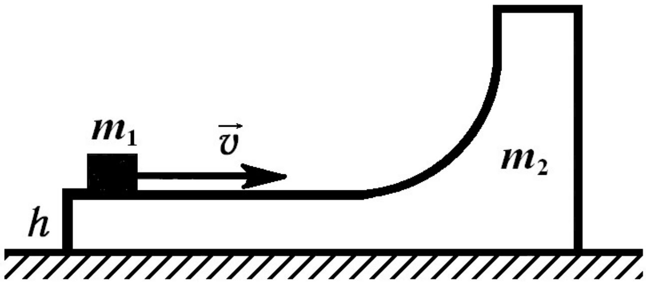
8. В задней части саней длины L массы M лежит деревянный ящик массы $m < M$ (см. рисунок). Сани движутся горизонтально по абсолютно гладкому льду (трением саней о лёд можно пренебречь) со скоростью v и, в какой-то момент времени, упруго сталкиваются со стеной. При каком коэффициенте трения μ между деревянным ящиком и санями ящик не свалится с саней после удара? Какой будет в этом случае конечная скорость саней? Ускорение свободного падения g.

9. Две одинаковые лодки с массами M, скользят друг за другом без трения по поверхности озера с одинаковой скоростью v_0. С задней лодки на переднюю прыгает человек массы m со скоростью u относительно задней лодки. Какими стали скорости лодок относительно берега?

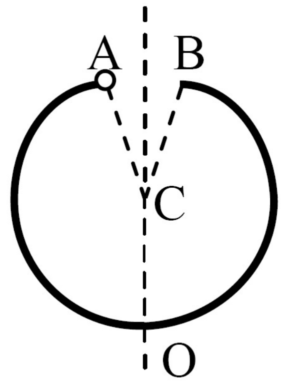
10. Два одинаковых маленьких шарика соединены невесомым жёстким стержнем длины $\boldsymbol{l}$. Стержень стоит вертикально на абсолютно гладкой поверхности вплотную к вертикальной стене (см. рисунок). При небольшом смещении нижнего шарика вправо, система приходит в движение, в плоскости рисунка. Определите скорость нижнего шарика в тот момент, когда верхний проходит по вертикали путь $\boldsymbol{x}$. Считать что, в процессе движения шарики не отрываются от поверхностей.



11. Скейтбордист массой $\boldsymbol{m_1}$, разогнавшись до скорости $\boldsymbol{v}$ в горизонтальном направлении, запрыгивает на рампу массой $\boldsymbol{m_2}$, которая стоит на горизонтальной абсолютно гладкой поверхности (см. рисунок). Определите максимальную высоту относительно поверхности, на которую сможет взлететь скейтбордист после отрыва от рампы, если высота горизонтальной части рампы равна $\boldsymbol{h}$. Трением пренебречь.



12. Жесткий гладкий стержень изогнут в виде элемента кольца радиуса $\boldsymbol{R}$ (рисунок). На стержень надета муфточка, которая может без трения перемещаться по кольцу. Определите горизонтальную скорость $\boldsymbol{v_0}$, которую необходимо сообщить муфточке, находящейся внизу в точке О чтобы, пройдя часть пути в воздухе, из точки А она попала на кольцо в точке В? Угол между вертикалью и отрезками ВС (АС) равен $\boldsymbol{\alpha}$.



13. Ледяная горка на площади Новособорной имеет высоту $\boldsymbol{H}$ и угол наклона к горизонту α. На какое расстояние от основания горки проедет ребёнок по горизонтали до остановки, если коэффициент трения на наклонном и горизонтальном участках горки одинаков и равен $\boldsymbol{\mu}$? Ребёнок стартует с вершины горки с нулевой начальной скоростью.

14. Поплавок длины $\boldsymbol{L}$, свободно плавая вертикально, погружается в воду на две трети своей длины. Определите высоту над уровнем воды, на которую поднимется центр масс поплавка после того, как его полностью погрузят в воду так, что его верхний край окажется на глубине $\boldsymbol{L}$ от поверхности воды, а затем отпустят без начальной скорости. Силами сопротивления в этой задаче пренебречь.

РАЗДЕЛ 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

2.1. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

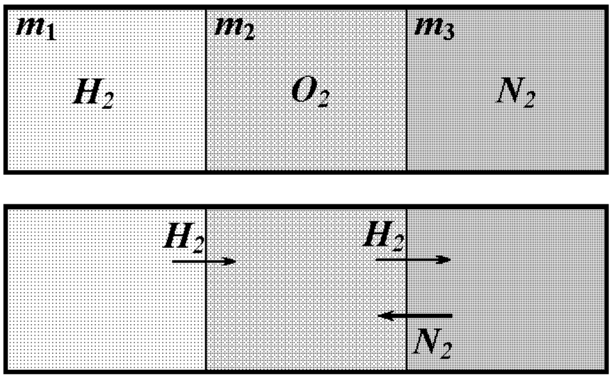
1. В откачанном пространстве вертикально стоит цилиндрический сосуд, перекрытый сверху герметичным подвижным поршнем массы $\boldsymbol{m}$. Под поршнем находится одноатомный газ при температуре $\boldsymbol{T}$ и давлении $\boldsymbol{p}$. Внутреннее сечение цилиндра $\boldsymbol{S}$, высота той части сосуда, внутри которой находится газ, равна $\boldsymbol{H}$. Поршень отпустили. Он начал двигаться. Чему равна максимальная скорость, развиваемая поршнем, если газ сжимается изотермически.

2. Имеется теплоизолированный сосуд сложной формы (рисунок), заполненный неоном при давлении $\boldsymbol{P_0}$ и температуре $\boldsymbol{T_0}$. Трубка объемом $\boldsymbol{V}$ соединена небольшим отверстием с так называемым балластным объемом. Через трубку пропускают кратковременный импульс тока длительностью $\boldsymbol{\tau}$. Сила тока $\boldsymbol{I}$, напряжение $\boldsymbol{U}$. Для газа в разрядной трубке найдите: а) максимальную температуру, б) температуру в тот момент, когда давление в трубке и в балластном объеме сравняются. Величина балластного объема намного превышает объем трубки. Известно, что при адиабатическом процессе величина $\boldsymbol{T^5/p^2}$ остается постоянной.

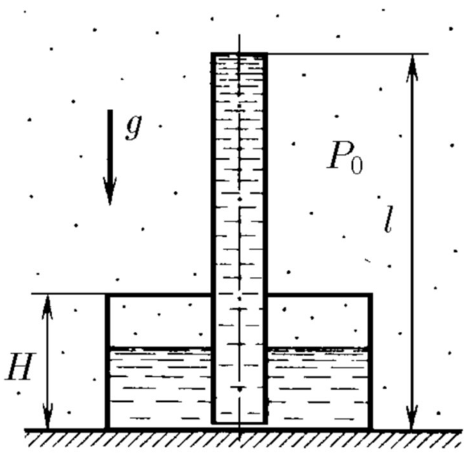
3. Оказалось, что температура воздуха в некоторой местности в безветренный пасмурный день может быть описана зависимостью T(°C) = 20 + 10·cos(2π·t/24 + φ), где t – время в часах, φ – постоянная. Определите, когда достигается максимальная температура воды, равная 25 °C, в небольшом пруду, расположенном в той же местности. Температура воздуха максимальна в 15 часов.

4. На столе стоит цилиндрический сосуд высоты $\boldsymbol{h}$, изготовленный из металла. Сначала в него опускают один поршень, через большой промежуток времени – второй и так далее – всего 10 поршней. Найдите расстояние между первым и вторым поршнем. Масса каждого поршня и атмосферное давление p_0 связаны соотношением $m = p_0S/g$, где S – площадь сечения цилиндра. Толщина поршней мала по сравнению с высотой сосуда. Трение мало.

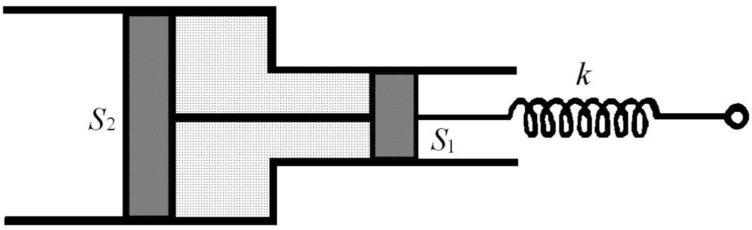
5. Ёмкость объёмом $\boldsymbol{V}$ разделена на равные части двумя неподвижными полупроницаемыми тонкими перегородками. В левую часть вводят $\boldsymbol{m_1}$ водорода, в среднюю – $\boldsymbol{m_2}$ кислорода, в правую – $\boldsymbol{m_3}$ азота. Через левую перегородку может диффундировать только водород, через правую – водород и азот. Какое давление будет в каждой из трёх частей сосуда после установления равновесия, если сосуд поддерживается при постоянной температуре $\boldsymbol{T}$?



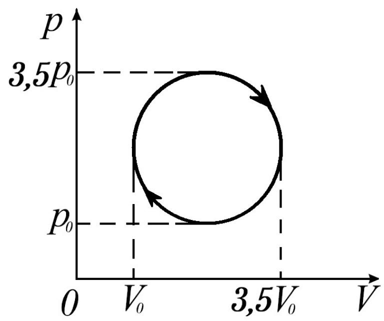
6. В герметично закрытую цилиндрическую кювету высотой $\boldsymbol{H}$ и площадью основания $\boldsymbol{S}$, вертикально вставлена тонкостенная трубка длиной $\boldsymbol{l}$ и площадью сечения $\boldsymbol{s'}$. Стык трубки и кюветы заделан герметично. Трубка немного не доходит до дна кюветы (см. рисунок). В кювету через трубку начинают наливать жидкость с плотностью $\boldsymbol{\rho}$. Определите, какой будет высота жидкости в кювете, когда трубка будет полностью заполнена жидкостью. Атмосферное давление равно $\boldsymbol{P_0}$.



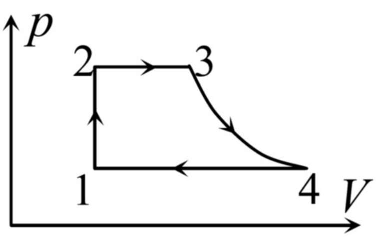
7. Открытые с обоих концов в атмосферу трубки, площади сечения которых $\boldsymbol{S_1}$ и $\boldsymbol{S_2}$ ($\boldsymbol{S_1} < \boldsymbol{S_2}$), состыкованы между собой (рисунок). В них вставлены соединенные жёстким стержнем длины $\boldsymbol{L}$ газонепроницаемые поршни, которые при температуре $\boldsymbol{T_0}$ отстоят на одинаковые расстояния от стыка труб. Поршень меньшего сечения соединён с неподвижной опорой недеформированной пружиной с коэффициентом жёсткости $\boldsymbol{k}$. Между поршнями находится идеальный газ. При какой температуре газа поршень большей площади сместится так, что расстояние от него до стыка труб будет втрое меньше расстояния от стыка до меньшего поршня?



8. На pV-диаграмме изображен цикл (см. рисунок) совершаемый с ν молями идеального газа. Определите максимальную за цикл температуру газа, считая $\boldsymbol{p_0}$ и $\boldsymbol{V_0}$ известными.



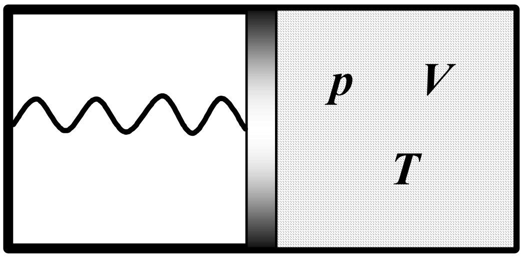
9. С идеальным газом происходит циклический процесс, график которого в координатах «давление-объем» приведен на рисунке (участок графика 3 – 4 – изотерма). Известно, что минимальные плотность, давление и температура газа в ходе этого процесса равнялись $\boldsymbol{\rho_0}$, $\boldsymbol{p_0}$ и $\boldsymbol{T_0}$ соответственно, а температура газа изменилась в течение процесса в $\boldsymbol{n}$ раз. Определить молярную массу газа.



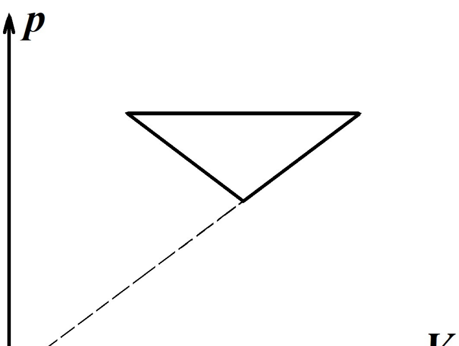
10. Гелий и водород, находятся в разных сосудах при одинаковых температурах и занимают одинаковые объемы. Газы сжимают адиабатически так, что их объем уменьшается вдвое. Количество водорода в два раза больше, чем гелия. Определите отношение изменений внутренних энергий газов. Ответ округлите до десятых долей.

11. В горизонтальном сосуде, разделённом пополам полупроницаемой перегородкой, содержится двухатомный газ, который свободно может проходить через перегородку. В правой половине сосуда происходит быстрая химическая реакция вида: $3X_2 \rightarrow 2X_3$. При этом молекулы X_3 уже не могут проходить через перегородку. После окончания химической реакции, через некоторое время, в обеих половинах сосуда устанавливается равновесие и выравнивается температура. Определите, во сколько раз после этого отличаются давления в правой и левой половинах сосуда.

2.2. ТЕРМОДИНАМИКА



1. Найдите теплоемкость системы, состоящей из перекрытого поршнем сосуда с одноатомным газом (параметры газа ***p***, ***V***, ***T***). Поршень удерживается пружиной. Слева от поршня вакуум. Если газ откачать, то поршень соприкоснется с правой стенкой, а пружина будет не деформирована. Теплоемкостями сосуда, поршня и пружины пренебречь.



2. Тепловая машина, рабочим телом которой является идеальный двухатомный газ, работает по циклу, изображенному на рисунке. Цикл имеет форму равнобедренного треугольника. Известно, что при изобарном расширении абсолютная температура газа возрастает в ***n*** раз. Определите, чему равен КПД этого цикла.

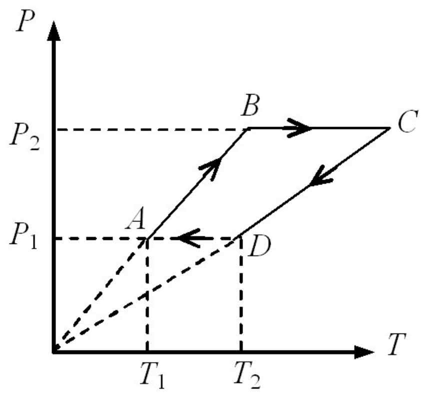
3. Вертикальная длинная кирпичная труба заполнена чугуном. Нижний конец трубы поддерживается при температуре $T_1 > T_{пл}$ ($T_{пл}$ – температура плавления чугуна), верхний – при температуре $T_2 < T_{пл}$. Теплопроводность у расплавленного (жидкого) чугуна в k раз больше чем у твердого. Определите, какая часть трубы занята расплавленным металлом.

4. Нагретое тело с начальной температурой T используется в качестве нагревателя в тепловой машине. Теплоемкость тела не зависит от температуры и равна C. Холодильником служит неограниченная среда, температура которой постоянна и равна T_0. Найти максимальную работу, которую можно получить за счет охлаждения тела.

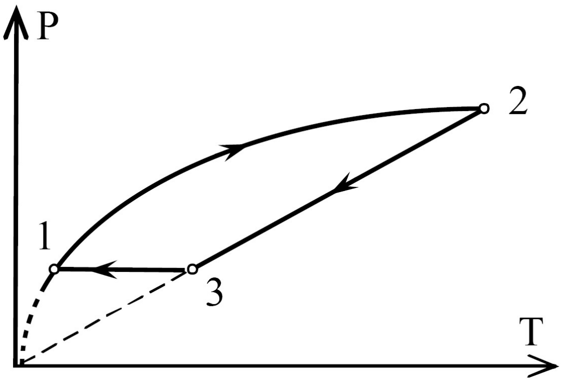
5. Атмосферный воздух имеет постоянную температуру T_1. Инженеру-теплотехнику необходимо сообщить двум тепловым резервуарам (с температурами T_2 и T_3) количество теплоты равное Q_2 и Q_3, соответственно. Какую минимальную механическую работу придётся совершить для этого, если $T_1 < T_2 < T_3$ и $Q_2 > Q_3$? Теплоёмкости резервуаров можно считать очень большими.

6. Давление идеального газа изменяется по закону $P = \alpha - \beta \cdot V$, где α н β – положительные постоянные, V – объем газа. Начальный объем газа V_1, конечный – $3V_1$. При каком соотношении между постоянными α н β, изменение внутренней энергии газа в этом процессе будет равно нулю?

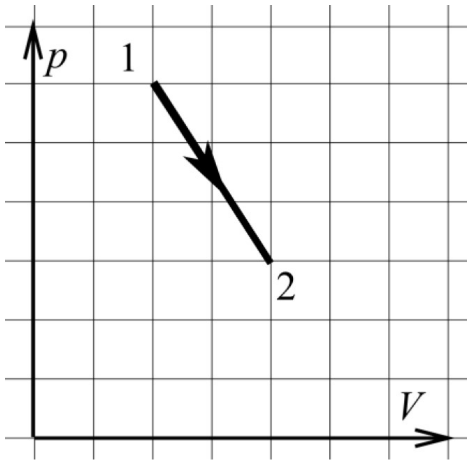
7. Найти работу, совершенную одним молем идеального газа в круговом процессе, показанном на рисунке. Считать температуры T_1, T_2, известными, а отношение давлений $P_2/P_1 = \eta$.



8. На рисунке показан график цикла тепловой машины. Определите коэффициент полезного действия в циклическом процессе 1-2-3-1, изображенном на рисунке. Рабочим телом машины является одноатомный идеальный газ. На участке 1-2 давление газа меняется в зависимости от температуры по закону $p = \alpha\sqrt{T}$, где α – постоянная. Отношение максимальной и минимальной температур в цикле $\boldsymbol{n}$.



9. На рисунке изображён график процесса, происходящий с 1 молем идеального газа. Известно, что максимальная температура в ходе процесса равна $\boldsymbol{T}_{\max}$. Определите количество тепла, полученное газом в данном процессе.



10. Найти уравнение термодинамического процесса, при котором работа, совершаемая идеальным газом, пропорциональна изменению его внутренней энергии. Коэффициент пропорциональности равен $\boldsymbol{\alpha}$.

РАЗДЕЛ 3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ
3.1. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

1. Два протона вначале движутся в одном направлении со скоростями, отличающимися в 3 раза. После того как на некоторое время было включено однородное электрическое поле, протон с меньшей скоростью стал двигаться перпендикулярно первоначальному направлению, а величина его скорости не изменилась. Под каким углом к первоначальному направлению станет двигаться второй протон после выключения поля? Считать протоны невзаимодействующими.

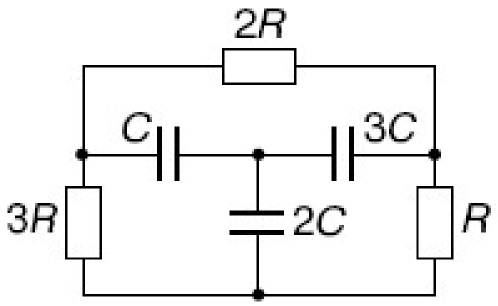
2. Заряженный шарик находится в проводящей среде с диэлектрической проницаемостью ε. Вследствие утечки его заряд уменьшается в два раза за каждые τ секунд. Определить удельное сопротивление среды.

3. Металлическое тонкое кольцо радиусом $\boldsymbol{R}$ зарядили зарядом $\boldsymbol{Q}$. Найти возникшую при этом в кольце силу натяжения. Изменением размеров кольца пренебречь.

4. Плоский воздушный конденсатор находится во внешнем однородном электрическом поле напряженности $\boldsymbol{E}$, перпендикулярном пластинам. Площадь каждой пластины конденсатора $\boldsymbol{S}$. Какой величины заряды окажутся на каждой из пластин, если конденсатор замкнуть проводником накоротко? Пластины конденсатора до замыкания не заряжены.

5. Сфера радиуса $\boldsymbol{R}$, заряженая равномерно с некоторой поверхностной плотностью, помещена в среду, объёмная плотность заряда которой изменяется с расстоянием r от центра сферы по закону $\rho = \boldsymbol{a}\cdot r$, где $\boldsymbol{a}$ – известная постоянная. Считая диэлектрическую проницаемость окружающей среды равной единице, определите: 1) заряд сферы, при котором модуль напряженности результирующего электрического поля не будет зависеть от расстояния r; 2) чему будет равна напряжённость в этом случае; 3) заряд сферы, при котором на расстоянии $2\boldsymbol{R}$ напряжённость поля будет равна нулю.

3.2. ПОТЕНЦИАЛ И ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

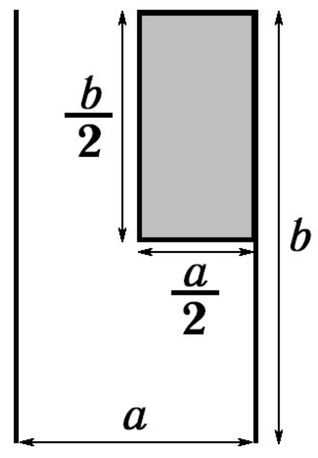


1. Конденсаторы и резисторы соединены так, как показано на рисунке. В начальный момент времени конденсатор $2C$ заряжен до напряжения $\boldsymbol{U}$, остальные конденсаторы не заряжены. Какое количество тепла выделится за большое время на резисторе $\boldsymbol{R}$? На резисторе $\boldsymbol{2R}$? На резисторе $\boldsymbol{3R}$?

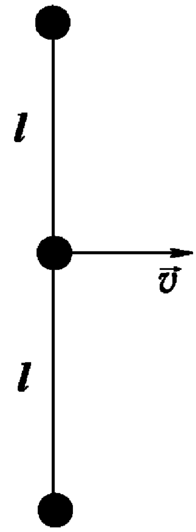
2. Шарик массой $\boldsymbol{m}$, имеющий заряд $\boldsymbol{q}$, удерживают на одной вертикали под закрепленным зарядом $\boldsymbol{-q}$ на расстоянии $\boldsymbol{L}$ от него. Какую минимальную скорость, направленную вниз, надо сообщить шарику, чтобы он упал на Землю? Расстояние до Земли велико, движение происходит в поле тяготения Земли, ускорение свободного падения постоянно.

3. Между пластинами замкнутого плоского конденсатора находится точечный заряд $\boldsymbol{q}$. Площадь пластин бесконечно велика, расстояние между ними равно $\boldsymbol{d}$. Первоначально заряд находится на расстоянии $\boldsymbol{d}/3$ от левой пластины. Какой заряд пройдет по проводнику, замыкающему пластины конденсатора, при перемещении заряда $\boldsymbol{q}$ в новое положение на расстоянии $\boldsymbol{d}/3$ от правой пластины?

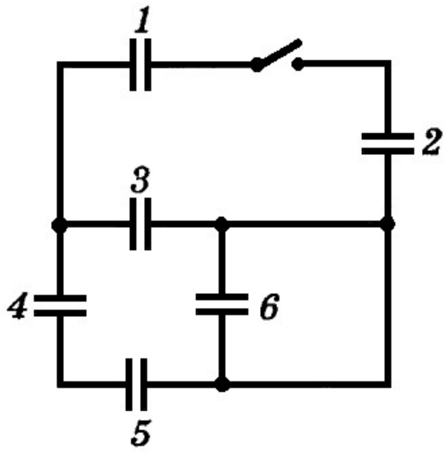
4. В воздушный конденсатор ёмкостью $\boldsymbol{C}$ внесена диэлектрическая пластина (на всю длину конденсатора) с диэлектрической проницаемостью $\boldsymbol{\varepsilon}$ и расположена вплотную к правой пластине, как указано на рисунке. Определить, какой стала емкость конденсатора при внесении пластинки в конденсатор. Размеры $\boldsymbol{a}$ и $\boldsymbol{b}$, указанные на рисунке, считать известными.



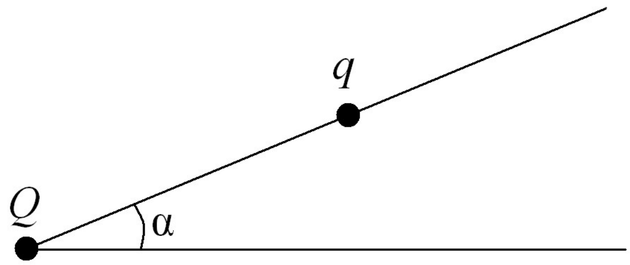
5. Три одинаковых одноимённо заряженных шарика, каждый зарядом $\boldsymbol{q}$ и массой $\boldsymbol{m}$, связаны нерастяжимыми нитями, каждая длиной $\boldsymbol{l}$. Все три шарика неподвижны и расположены на гладкой горизонтальной поверхности вдоль прямой. Какую минимальную скорость v необходимо сообщить центральному шарику вдоль горизонтальной поверхности, чтобы при дальнейшем движении, шарики смогли образовать равносторонний треугольник. Радиус шариков мал по сравнению с длиной нити $\boldsymbol{l}$.



6. В схеме, изображенной на рисунке, емкость каждого конденсатора равна $\boldsymbol{C}$. Вначале ключ разомкнут, конденсатор *1* заряжен до напряжения $\boldsymbol{U_0}$, остальные конденсаторы не заряжены. Определите напряжение на каждом из конденсаторов после замыкания ключа.



7. Непроводящий стержень расположен под углом $\boldsymbol{\alpha}$ с горизонтом. По нему может двигаться без трения бусинка с зарядом $\boldsymbol{q}$. На нижнем конце стержня закреплён одноимённый с бусинкой заряд $\boldsymbol{Q}$. В процессе движения расстояние между бусинкой и зарядом меняется от минимального значения $\boldsymbol{r}$ до максимального $\boldsymbol{R}$. Какой максимальной скорости достигает бусинка в процессе движения? На каком расстоянии от заряда скорость бусинки будет максимальна?

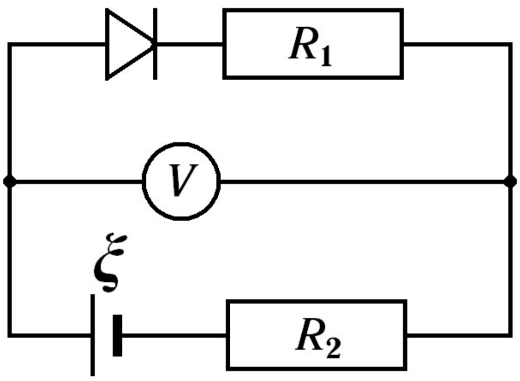


8. Металлические кольцо и шарик имеют одинаковую массу и заряд. Если шарик запустить из бесконечности в неподвижное кольцо, то он пролетит сквозь кольцо, только если начальная скорость шарика будет больше чем $\boldsymbol{v_0}$. Какими будут скорости шарика и кольца в момент пролета шарика через кольцо, если шарик запустить с начальной скоростью $2\boldsymbol{v_0}$. Силами любого гравитационного взаимодействия пренебречь. Плоскость кольца перпендикулярна оси движения шарика.

9. Две параллельные пластины площадью $\boldsymbol{S}$ расположены на расстоянии $\boldsymbol{d}$ друг от друга и заряжены одинаковым зарядом противоположного знака. Между пластинами помещен диэлектрик, проницаемость которого линейно возрастает от значения ε_1, у левой пластины, до ε_2 у правой. Выведите формулу для расчета емкости получившегося конденсатора.

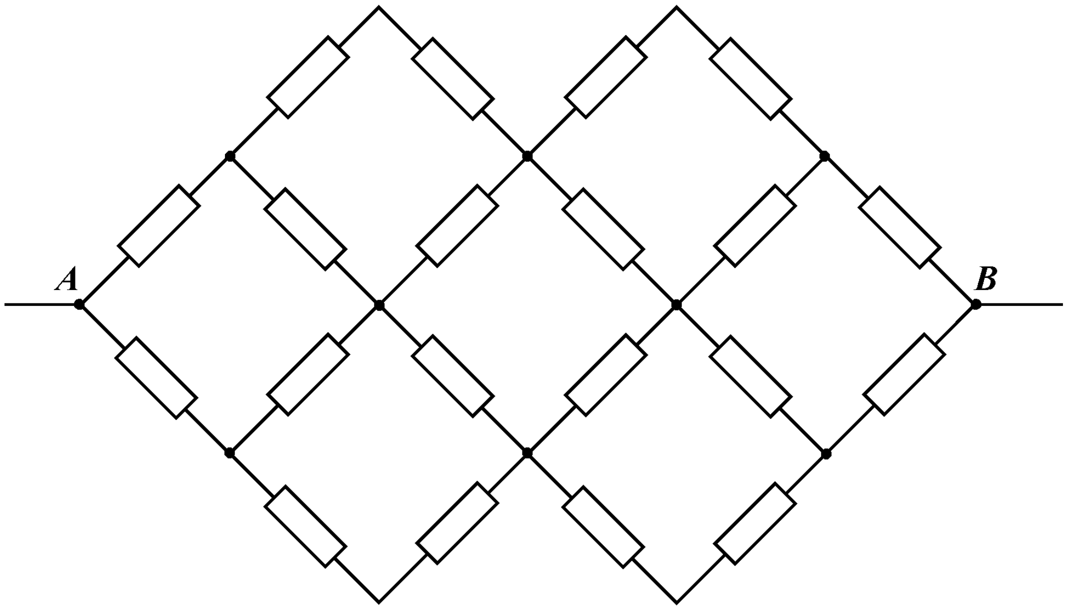
3.3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

1. В однородную среду с большим удельным сопротивлением погружены два одинаковых металлических шара. Радиус каждого шара мал по сравнению с глубиной его погружения в среду и с расстоянием между шарами. Шары с помощью тонких изолированных проводников подключены к источнику постоянного напряжения. При этом через источник течёт ток $\boldsymbol{I}$. Какой ток будет идти через источник, если один из этих шаров заменить другим, у которого радиус в два раза меньше? Сопротивлением проводников и источника пренебречь.

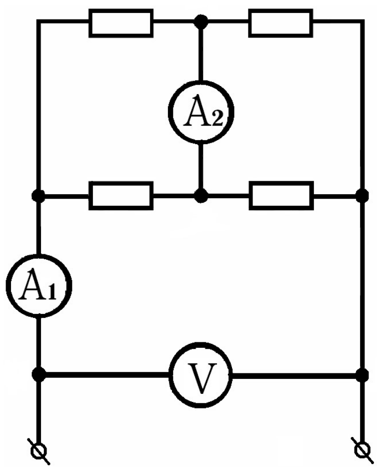


2. В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, вольтметр и батарейка идеальные. Диод при включении в обратном направлении не пропускает ток, а при включении в прямом направлении открывается при напряжении $\boldsymbol{U_0}$. Определите показания вольтметра в этой цепи, если известны ξ, $\boldsymbol{R_1}$, $\boldsymbol{R_2}$? Что он будет показывать, если изменить полярность включения диода?

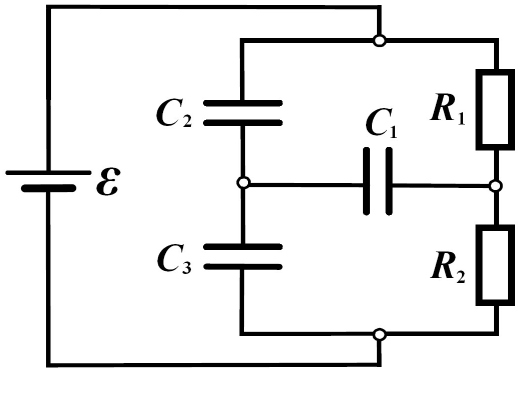
3. Двадцать одинаковых резисторов $\boldsymbol{r}$ соединены так, как показано на рисунке. Определить сопротивление между точками A и B.



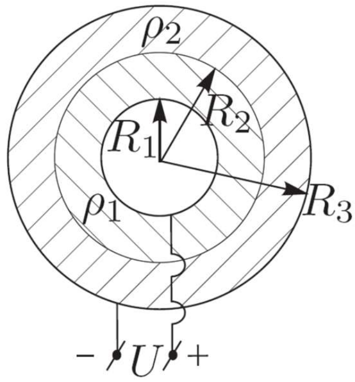
4. В цепи, которая изображена на рисунке амперметр А2 показывает силу тока 2 А. Найдите показание амперметра А1 если известно, что резисторы имеют сопротивления 1 Ом, 2 Ом, 3 Ом и 4 Ом, а вольтметр показывает напряжение 10 В. Все приборы считать идеальными.



5. Определите заряд на пластинах конденсатора С1 в схеме, представленной на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = \boldsymbol{R}$, $R_2 = 2\boldsymbol{R}$. Ёмкости конденсаторов $C_1 = \boldsymbol{C}$, $C_2 = 2\boldsymbol{C}$, $C_3 = 3\boldsymbol{C}$. ЭДС источника тока равно ε. Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.



6. Сферический конденсатор с радиусами обкладок $R_1 = \boldsymbol{R}$ и $R_3 = \mathbf{3}\boldsymbol{R}$ подсоединён к источнику тока с постоянным напряжением $\boldsymbol{U}$ (см. рисунок). Пространство между обкладками заполнено двумя слоями различных веществ с удельными сопротивлениями $\rho_1 = \boldsymbol{\rho}$ и $\rho_2 = \mathbf{2}\boldsymbol{\rho}$ и диэлектрическими проницаемостями $\boldsymbol{\varepsilon_1}$ и $\boldsymbol{\varepsilon_2}$. Радиус сферической границы между слоями $R_2 = \mathbf{2}\boldsymbol{R}$. Удельная проводимость слоев между обкладками конденсатора намного меньше удельной проводимости материала обкладок. Найдите заряд на границе между слоями различных веществ и силу тока, протекающего через конденсатор.

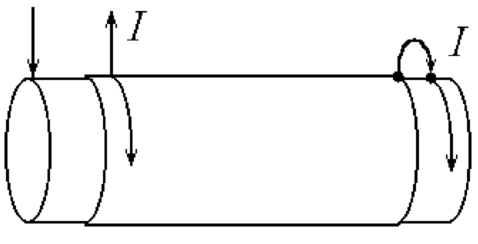


3.4. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

1. По бесконечно длинному прямому проводу радиусом $\boldsymbol{R}$ течет ток $\boldsymbol{I}$. Ток распределен равномерно по сечению провода. Найти распределение индукции магнитного поля внутри провода. Магнитная проницаемость провода равна μ.

2. В студенческой лаборатории создан работающий макет электростанции, использующей поток ионной жидкости в магнитном поле. Жидкость обладает удельным сопротивлением ρ и течёт со скоростью $\boldsymbol{v}$ в пространстве между двумя пластинами конденсатора площадью $\boldsymbol{S}$. Магнитное поле с индукцией $\boldsymbol{B}$ однородно и направлено перпендикулярно потоку жидкости, но параллельно пластинам конденсатора. Расстояние между пластинами равно $\boldsymbol{d}$. Определите максимальную мощность такой электростанции.

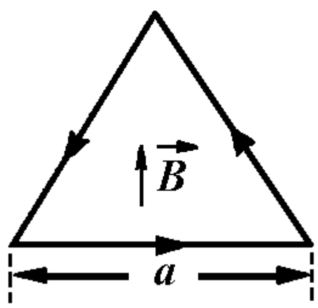
3. Две длинные цилиндрические катушки с равномерной намоткой одинаковой длины и почти одинакового радиуса имеют индуктивности $\boldsymbol{L_1}$ и $\boldsymbol{L_2}$. Их вставили друг в друга и присоединили к цепи так, как показано на рисунке. Направление тока в цепи показано стрелками. Найдите индуктивность L такой составной катушки.



4. На поверхности длинного сплошного непроводящего покоящегося цилиндра радиуса $\boldsymbol{r}$ равномерно распределен заряд, поверхностная плотность которого равна σ . Внешнее однородное поле с индукцией $\boldsymbol{B}$ направлено вдоль оси цилиндра. Определите угловую скорость цилиндра после «выключения» внешнего поля. Цилиндр однородный, плотность вещества цилиндра ρ.

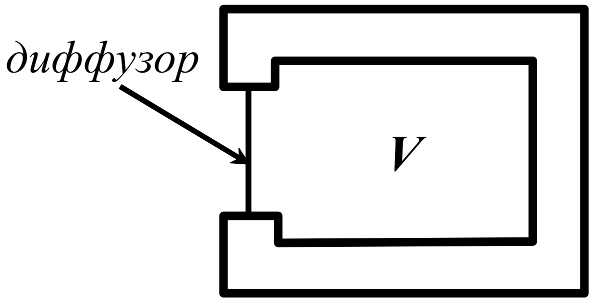
5. Найти коэффициент самоиндукции $\boldsymbol{L}$ тонкого круглого провода радиуса $\boldsymbol{a}$ и длины $\boldsymbol{l}$ при условии $\ln\frac{l}{a} >> 1$.

6. На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит проводящая жесткая тонкая рамка из одного куска проволоки в виде равностороннего треугольника со стороной $\boldsymbol{a}$. Рамка находится в однородном горизонтальном магнитном поле, индукция которого $\boldsymbol{B}$ перпендикулярна одной из сторон рамки. Масса рамки $\boldsymbol{m}$. Какой ток нужно пропустить по рамке, чтобы она начала приподниматься относительно одной из вершин треугольника.



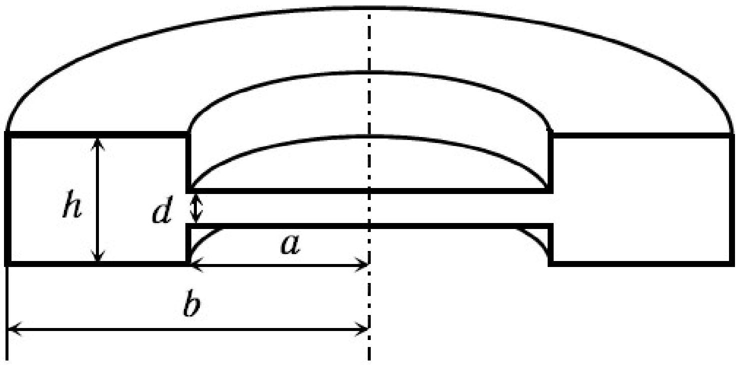
РАЗДЕЛ 4. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

1. Громкоговоритель имеет диффузор с площадью поперечного сечения $\boldsymbol{S}$ и массой $\boldsymbol{m}$. Резонансная частота диффузора равна ω. Какой окажется частота, если громкоговоритель установить в стенки закрытого ящика объемом $\boldsymbol{V}$? Считать, что температура воздуха внутри ящика не изменяется при колебаниях диффузора. Оценить частоту при следующих параметрах: ω = 300 рад/с, $\boldsymbol{S}$ = 300 см^2, $\boldsymbol{m}$ = 5 г, $\boldsymbol{V}$ = 40 л.

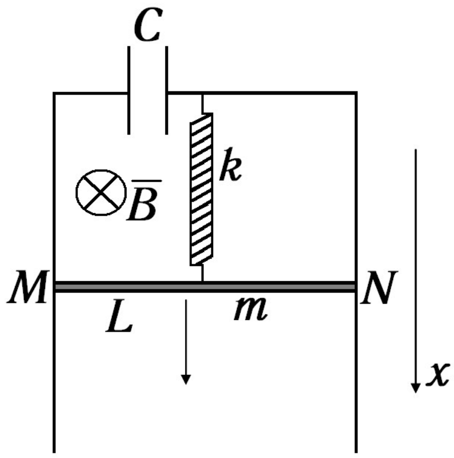


2. К Земле приближается огромный астероид, грозящий разрушить нашу планету. Герои высаживаются на астероид, бурят скважину к его центру и опускают в скважину заряд. Заряд, движущийся только под действием гравитационных сил, должен взорваться в центре астероида. Сколько времени на спасение останется у героев после опускания заряда? Астероид считать однородным шаром радиусом $\boldsymbol{R}$, плотность вещества астероида ρ, начальная скорость движения заряда равна нулю.

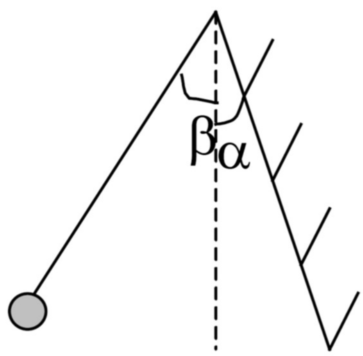
3. На рисунке показано сечение тороидального резонатора, используемого во многих микроволновых генераторах. Определить собственную частоту резонатора. Необходимые размеры даны на рисунке и их нужно считать известными. Величина $d \ll h$.



4. Проводник *MN* длины $\boldsymbol{L}$ и массы $\boldsymbol{m}$ может скользить по двум вертикальным проводящим направляющим без потери контакта под действием силы тяжести и силы упругости, вызванной растяжением (сжатием) пружинки жесткостью $\boldsymbol{k}$. Пружинка вертикальна, концы пружинки изолированы от электрического тока. Нижний конец пружинки прикреплен к середине перемычки. Вверху цепь замкнута на конденсатор емкостью $\boldsymbol{C}$. Вся система находится в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией $\boldsymbol{B}$ перпендикулярном плоскости рисунка. Каков будет период колебаний перемычки. Сопротивлением перемычки, проводников и силами трения пренебречь.



5. К наклонной стенке, составляющей малый угол $\boldsymbol{\alpha}$ с вертикалью, подвешен на невесомой нерастяжимой нити тяжелый шарик. Его отвели влево на малый угол $\boldsymbol{\beta}$, больший $\boldsymbol{\alpha}$ (см. рисунок), и отпустили. Удары шарика о стенку таковы, что отношение кинетической энергии шарика сразу после удара к кинетической энергии шарика сразу перед ударом равно $\boldsymbol{k}$ ($0< \boldsymbol{k} <1$). Определите последовательность углов максимального отклонения шарика влево β_n.



ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ ИНТЕРНЕТ-ОЛИМПИАДЫ

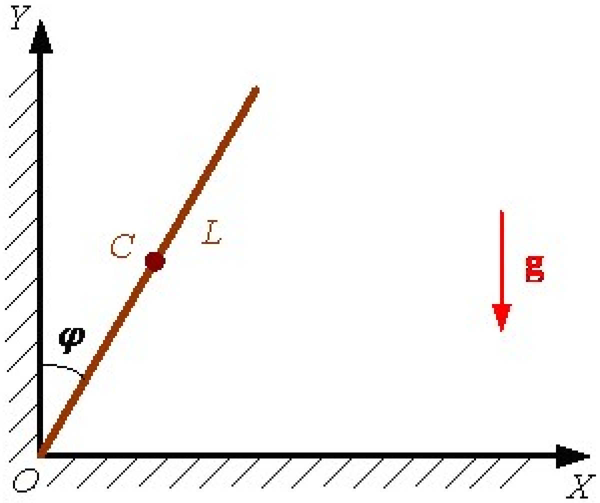
Задания первого тура Международной Интернет-олимпиады 2019

Профиль «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ»

Задания №1, №2, №3 и №4 являются составными частями одного общего I задания.

Задание 1

Линейка длиной L и массой m стоит вертикально в углу возле стенки. Верхний конец линейки отклоняют под очень небольшим углом от стенки так, что она начинает падать под действием силы тяжести (см. рисунок).



На начальном этапе падения движение линейки можно рассматривать как вращение относительно неподвижной оси O, при котором зависимость угловой скорости от угла φ определяется формулой …

1) $\omega = \sqrt{\dfrac{3g(1-\cos\varphi)}{L}}$

2) $\omega = \sqrt{\dfrac{g(1-\cos\varphi)}{L}}$

3) $\omega = \sqrt{\dfrac{3g(1-\sin\varphi)}{L}}$

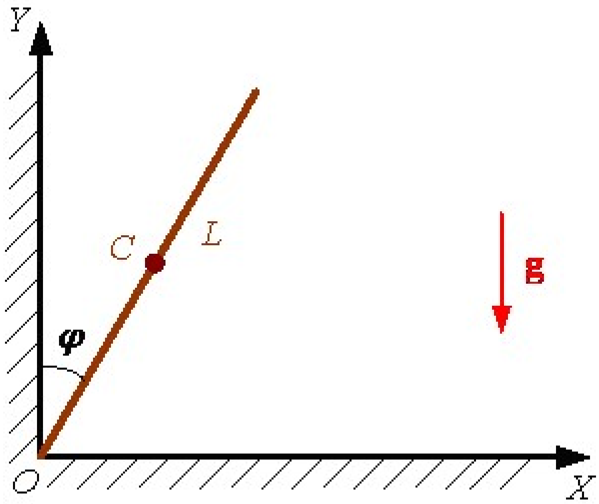
4) $\omega = \sqrt{\dfrac{12g(1-\cos\varphi)}{L}}$

Ответ: 1

При решении этого задания учитывайте ответ на предшествующее задание (№1). Если ответ на задание №1 неправильный, то ответ на задание №2 не учитывается, даже если он «угадан» верно.

Задание 2

Линейка длиной L и массой m стоит вертикально в углу возле стенки. Верхний конец линейки отклоняют под очень небольшим углом от стенки так, что она начинает падать под действием силы тяжести (см. рисунок).



На начальном этапе падения движение линейки можно рассматривать как вращение относительно неподвижной оси O. На этом этапе зависимость углового ускорения ε линейки, нормального a_n и тангенциального a_τ ускорений ее центра масс от угла φ определяются, соответственно, формулами …

1) $\varepsilon = \dfrac{3g}{2L}\sin\varphi,\quad a_n = \dfrac{3}{2}g(1-\cos\varphi),\quad a_\tau = \dfrac{3}{4}g\sin\varphi$

2) $\varepsilon = \dfrac{3g}{L}\sin\varphi,\quad a_n = \dfrac{3}{2}g(1-\cos\varphi),\quad a_\tau = \dfrac{3}{2}g\sin\varphi$

3) $\varepsilon = \dfrac{g}{L}\sin\varphi,\quad a_n = g(1-\cos\varphi),\quad a_\tau = \dfrac{1}{4}g\sin\varphi$

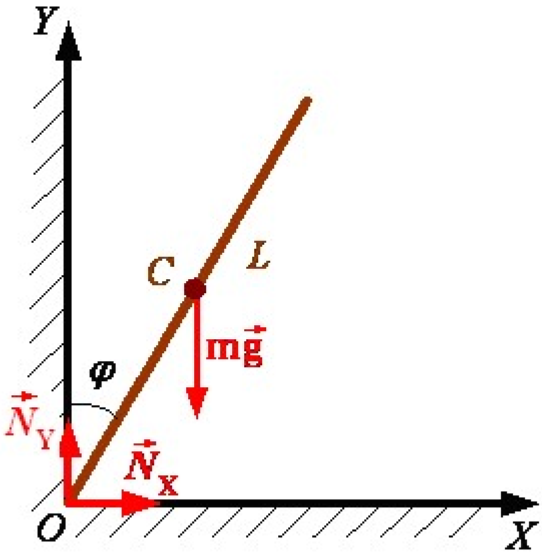
4) $\varepsilon = \dfrac{12g}{L}\sin\varphi,\quad a_n = 6g(1-\cos\varphi),\quad a_\tau = 3g\sin\varphi$

Ответ: 1

При решении этого задания учитывайте ответ на предшествующее задание (№2). Если ответ на задание №2 неправильный, то ответ на задание №3 не учитывается, даже если он «угадан» верно.

Задание 3

Линейка длиной L и массой m стоит вертикально в углу возле стенки. Верхний конец линейки отклоняют под очень небольшим углом от стенки так, что она начинает падать под действием силы тяжести (см. рисунок).



На начальном этапе падения движение линейки можно рассматривать как вращение относительно неподвижной оси O. На этом этапе зависимость сил реакции стенки N_x и пола N_y от угла φ определяются выражениями …

1) $N_x = \frac{3mg}{4}\sin\varphi(3\cos\varphi - 2)$, $N_y = \frac{mg}{4}(1 - 3\cos\varphi)^2$

2) $N_x = \frac{3mg}{2}\sin\varphi(2\cos\varphi - 1)$, $N_y = \frac{mg}{2}(1 - 2\cos\varphi)^2$

3) $N_x = mg\sin\varphi(2\cos\varphi - 1)$, $N_y = mg(1 - 2\cos\varphi)^2$

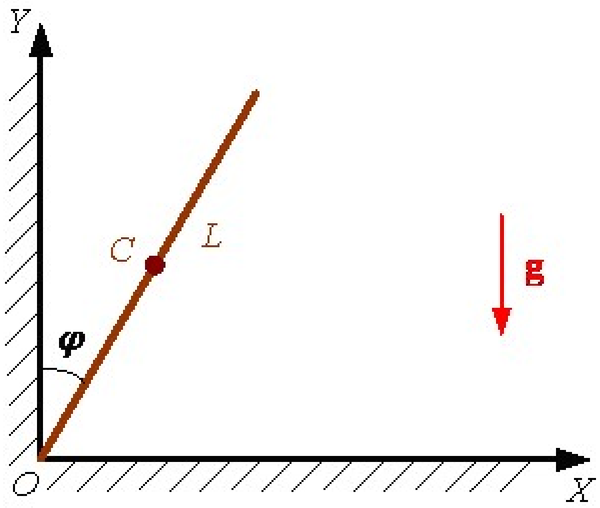
4) $N_x = \frac{3mg}{4}\sin\varphi(2\cos\varphi - 1)$, $N_y = \frac{mg}{4}(1 - 2\cos\varphi)^2$

Ответ: 1

При решении этого задания учитывайте ответ на предшествующее задание (№3). Если ответ на задание №3 неправильный, то ответ на задание №4 не учитывается, даже если он «угадан» верно.

Задание 4

Линейка длиной L и массой m стоит вертикально в углу возле стенки. Верхний конец линейки отклоняют под очень небольшим углом от стенки так, что она начинает падать под действием силы тяжести (см. рисунок).



На начальном этапе падения движение линейки можно рассматривать как вращение относительно неподвижной оси O. Однако линейка отрывается от стенки, когда угол между стенкой и линейкой достигнет значения φ_0, которое равно … (Ответ выразите в градусах и округлите до целого числа.)

Ответ: 48

Задания №5, №6, №7, №8 являются составными частями одного общего II задания.

Задание 5

Два тела равной массы m изготовлены из одного материала, удельная теплоемкость которого c не зависит от температуры, и нагреты до разных температур T_{01} и T_{02} $(T_{01} > T_{02})$. Тела используются в качестве нагревателя и охладителя для идеальной тепловой машины, совершающей бесконечно малые циклы Карно. Если в одном из таких циклов температура T_1 нагревателя немного понижается $(\mathrm{d}T_1 < 0)$, а температура T_2 охладителя немного повышается $(\mathrm{d}T_2 > 0)$, то при этом произведенная за цикл элементарная работа $\delta A =$ ____, а соотношение между подведенной от нагревателя к рабочему телу и отведенной к охладителю от него бесконечно малой теплотой с учетом правила знаков определяется равенством $\frac{\delta Q_1}{\delta Q_2} = \ldots$ (В каждом из циклов изменение температуры тел $|\mathrm{d}T_1| \ll T_1$, $\mathrm{d}T_2 \ll T_2$.)

1) $\delta A = -cm(\mathrm{d}T_1 + \mathrm{d}T_2)$, $\quad \frac{\delta Q_1}{\delta Q_2} = -\frac{T_1}{T_2}$.

2) $\delta A = cm(\mathrm{d}T_1 + \mathrm{d}T_2)$, $\quad \frac{\delta Q_1}{\delta Q_2} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$.

3) $\delta A = cm(\mathrm{d}T_1 + \mathrm{d}T_2)$, $\quad \frac{\delta Q_1}{\delta Q_2} = -\frac{T_1}{T_2}$.

4) $\delta A = cm(\mathrm{d}T_1 - \mathrm{d}T_2)$, $\quad \frac{\delta Q_1}{\delta Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$.

Ответ: 1

При решении этого задания учитывайте ответ на предшествующее задание (№5). Если ответ на задание №5 неправильный, то ответ на задание №6 не учитывается, даже если он «угадан» верно.

Задание 6

Два тела равной массы m изготовлены из одного материала, удельная теплоемкость которого c не зависит от температуры, и нагреты до разных температур T_{01} и T_{02} $(T_{01} > T_{02})$. Тела используются в качестве нагревателя и охладителя для идеальной тепловой машины, совершающей бесконечно малые циклы Карно. Если в одном из таких циклов температура T_1 нагревателя немного понижается $(\mathrm{d}T_1 < 0)$, а температура T_2 охладителя немного повышается $(\mathrm{d}T_2 > 0)$, то температура T, которую будут иметь тела после установления теплового равновесия, равна … (В каждом из циклов изменение температуры тел $|\mathrm{d}T_1| \ll T_1$, $\mathrm{d}T_2 \ll T_2$.)

1) $T = \sqrt{T_{01}T_{02}}$

2) $T = \frac{T_{01} + T_{02}}{2}$

3) $T = \dfrac{T_{01} - T_{02}}{2}$

4) $T = \dfrac{\sqrt{T_{01}^2 + T_{02}^2}}{2}$

Ответ: 1

При решении этого задания учитывайте ответы на предшествующие задания (№5 и №6). Если ответы на задания №5 или №6 неправильные, то ответ на задание №7 не учитывается, даже если он «угадан» верно.

Задание 7

Два тела равной массы m изготовлены из одного материала, удельная теплоемкость которого c не зависит от температуры, и нагреты до разных температур T_{01} и T_{02} $(T_{01} > T_{02})$. Если тела используются в качестве нагревателя и охладителя для идеальной тепловой машины, совершающей бесконечно малые циклы Карно, то максимальная работа A, которую может совершить такая тепловая машина, равна … (В каждом из циклов изменение температуры тел $|\mathrm{d}T_1| << T_1$, $\mathrm{d}T_2 << T_2$.)

1) $A = cm(T_{01} + T_{02} - 2\sqrt{T_{01}T_{02}})$

2) $A = cm\left(T_{01} + T_{02} - \sqrt{T_{01}^2 + T_{02}^2}\right)$

3) $A = cm(T_{01} - T_{02})$

4) $A = cm(T_{01} + T_{02})$

Ответ: 1

При решении этого задания учитывайте ответ на предшествующее задание (№7). Если ответ на задание №7 неправильный, то ответ на задание №8 не учитывается, даже если он «угадан» верно.

Задание 8

Два тела равной массы m изготовлены из одного материала, удельная теплоемкость которого c не зависит от температуры, и нагреты до разных температур T_{01} и T_{02} $(T_{01} > T_{02})$. Тела используются в качестве нагревателя и охладителя для идеальной тепловой машины, совершающей бесконечно малые циклы Карно. В каждом из этих бесконечно малых циклов температура T_1 немного понижается $(\mathrm{d}T_1 < 0)$, а температура T_2 немного повышается $(\mathrm{d}T_2 > 0)$. Если теплообмен происходит только между нагревателем, охладителем и рабочим телом, то при этом изменение внутренней энергии системы ΔU за время достижения теплового равновесия равно ___, а изменения энтропий нагревателя ΔS_1, охладителя ΔS_2 и всей системы ΔS определяются выражениями …

1) $\Delta U = -cm\left(T_{01} + T_{02} - \sqrt{T_{01}T_{02}}\right),\ \ \Delta S_1 < 0,\ \Delta S_2 > 0,\ \Delta S > 0$

2) $\Delta U = cm\left(T_{01} + T_{02} - \sqrt{T_{01}T_{02}}\right),\ \ \Delta S_1 > 0,\ \Delta S_2 < 0,\ \Delta S < 0$

3) $\Delta U = cm\left(T_{01} + T_{02} - \sqrt{T_{01}^2 + T_{02}^2}\right),\ \ \Delta S_1 < 0,\ \Delta S_2 > 0,\ \Delta S > 0$

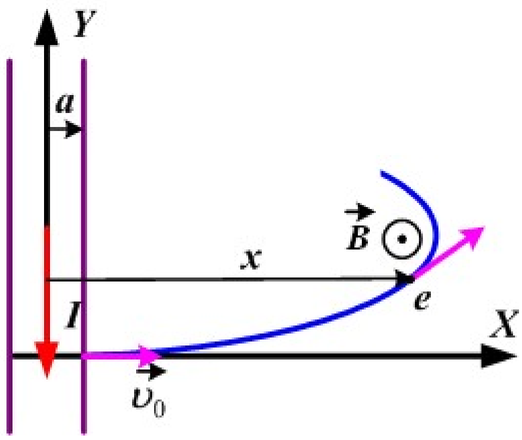
4) $A = cm(T_{01} - T_{02}),\ \ \Delta S_1 < 0,\ \Delta S_2 > 0,\ \Delta S > 0$

Ответ:1

Задания №9, №10, №11, №12 являются составными частями одного общего III задания.

Задание 9

Подлинному цилиндрическому проводу радиусом a течет постоянный ток I (см. рисунок).



Если некоторая точка удалена от его оси на расстояние $x > a$,то, согласно теореме о циркуляции вектора $\vec{B}$ магнитного поля в вакууме по произвольному замкнутому контуру L, охватывающего ток I, записанной в интегральной форме ___, модуль магнитной индукции B поля прямого тока I в этой точке определяется формулой … (Магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.)

1) $\oint\limits_L \vec{B}\mathrm{d}\vec{l} = \mu_0 I$ 2) $B = \mu_0 I/(2\pi x)$

3) $\int\limits_L \vec{B}d\vec{l} = \mu_0 I$ 4) $B = \mu_0 I/(\pi x)$

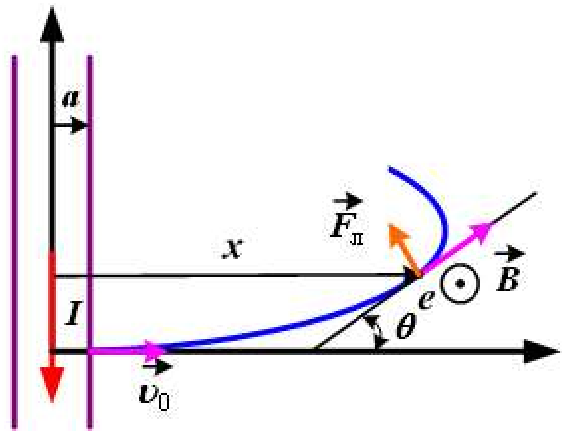
5) $B = \mu_0 nI$

Ответ: 1, 2

При решении этого задания учитывайте ответ на предшествующее задание (№9). Если ответ на задание №9 неправильный, то ответ на задание №10 не учитывается, даже если он «угадан» верно.

Задание 10

С поверхности длинного цилиндрического провода радиусом a, по которому течет постоянный ток I, вылетает электрон массой m с начальной скоростью υ_0, перпендикулярной к поверхности провода (см. рисунок).



Если некоторая точка удалена от его оси на расстояние $x > a$, то в этой точке на электрон действует магнитное поле прямого тока силой Лоренца $F_л(x)$, равной ___ и искривляющей траекторию его движения, радиус кривизны $R(x)$ которой определяется выражением … (Магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м. Угол между осью x и касательной к траектории равен θ.)

1) $F_л = \dfrac{\mu_0 e \upsilon_0 I}{2\pi x}$ 2) $R(x) = \dfrac{2\pi m \upsilon_0 x}{\mu_0 e I}$

3) $F_л = \dfrac{\mu_0 e \upsilon_0 I}{\pi x}$ 4) $R(x) = \dfrac{\pi m \upsilon_0 x}{\mu_0 e I}$

5) $F_л = \dfrac{\mu_0 e \upsilon_0 I}{2\pi x} \sin\theta$

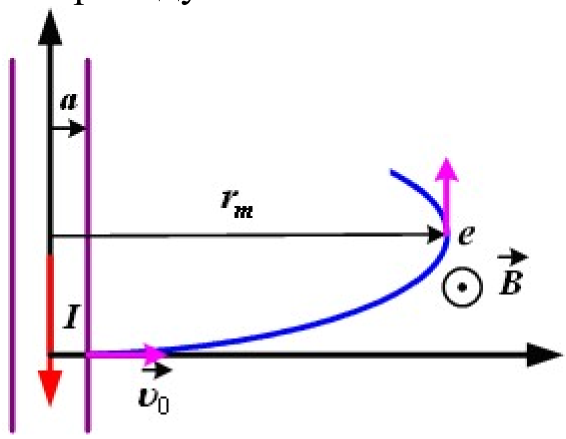
6) $R(x) = \dfrac{2\pi m \upsilon_0 x}{\mu_0 e I \sin\theta}$

Ответ: 1, 2

При решении этого задания учитывайте ответ на предшествующее задание (№10). Если ответ на задание №10 неправильный, то ответ на задание №11 не учитывается, даже если он «угадан» верно.

Задание 11

С поверхности длинного цилиндрического провода радиусом a вылетает электрон с начальной скоростью υ_0, перпендикулярной к поверхности провода. По проводу течет постоянный ток I (см. рисунок).



Если электрон удаляется на максимальное расстояние r_m от оси провода, равное ___, прежде чем повернуть обратно под действием магнитного поля тока этого провода, то радиус кривизны R_{r_m} траектории движения электрона в точке его поворота равен … (Магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.)

1) $r_\text{m} = a \exp\left(\dfrac{2\pi m \upsilon_0}{\mu_0 e I}\right)$

2) $R_{r_m} = \dfrac{2\pi a m \upsilon_0}{\mu_0 e I} \exp\left(\dfrac{2\pi m \upsilon_0}{\mu_0 e I}\right)$

3) $r_\text{m} = \dfrac{2\pi a m \upsilon_0}{\mu_0 e I}$

4) $R_{r_m} = a\left(\dfrac{2\pi m \upsilon_0}{\mu_0 e I}\right)^2$

5) $r_\text{m} = a \exp\left(\dfrac{\pi m \upsilon_0}{\mu_0 e I}\right)$

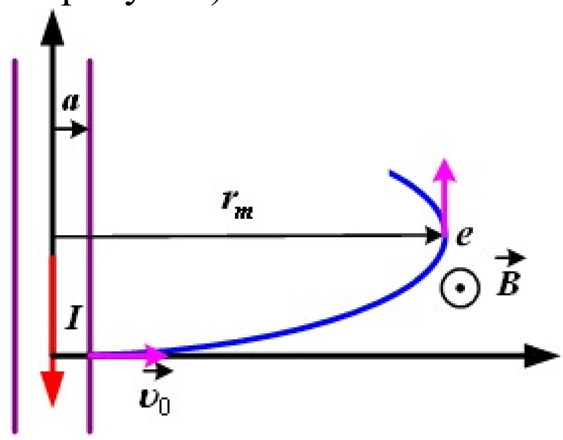
6) $R_{r_m} = \dfrac{\pi a m \upsilon_0}{\mu_0 e I} \exp\left(\dfrac{\pi m \upsilon_0}{\mu_0 e I}\right)$

Ответ: 1, 2

При решении этого задания учитывайте ответы на предшествующее задание (№11). Если ответы на задание №11 неправильные, то ответ на задание №12 не учитывается, даже если он «угадан» верно.

Задание 12

С поверхности длинного цилиндрического провода радиусом $a = 1$ мм, по которому течет постоянный ток $I = 10$ А, вылетает электрон с начальной скоростью $\upsilon_0 = 1600$ км/с, перпендикулярной к поверхности провода (см. рисунок).



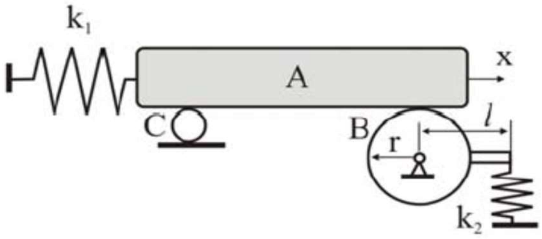
Если электрон удалился на максимальное расстояние r_{m} от оси провода, прежде чем повернуть обратно под действием магнитного поля тока этого провода, то радиус кривизны R_{r_m} траектории движения в точке поворота равен … (Магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м, модуль зарядам электрона $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл и масса электрона $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг. Ответ выразите в метрах и округлите с точностью до сотых.)

Ответ: 0,43

Задания №13, №14, №15, №16 являются составными частями одного общего IVзадания.

Задание 13

Колебательная система состоит из упруго закрепленной горизонтальной рейки А с массой m_1, которая лежит на катке C и на подпружиненном цилиндре В с радиусом качения r и массой m_2 (см. рисунок). Система совершает гармонические колебания, при которых рейка А линейно перемещается вдоль оси X, а цилиндр В совершает вращательные колебания.



Пусть на расстоянии x относительно положения статического равновесия рейка A движется с некоторой скоростью v, тогда приведенная масса μ (инерционный коэффициент) системы равна … (Считать, что в точках касания рейки A с цилиндром B и катком C проскальзывание отсутствует. Массами катка C, пружин с жесткостями k_1, k_2, рычага с плечом l и силой трения качения можно пренебречь.)

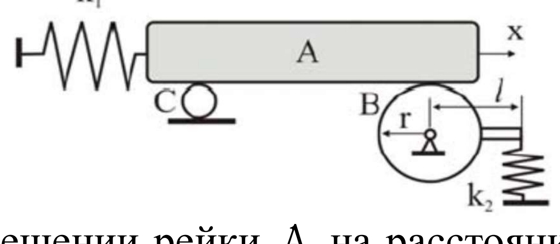
1) $\mu = m_1 + \dfrac{m_2}{2}$ 2) $\mu = m_1 + m_2$

3) $\mu = \dfrac{m_1}{2} + m_2$ 4) $\mu = \dfrac{m_1 + m_2}{2}$

Ответ: 1

Задание 14

Колебательная система состоит из упруго закрепленной горизонтальной рейки A с массой m_1, которая лежит на катке C и на подпружиненном цилиндре B с радиусом качения r и массой m_2 (см. рисунок). Система совершает гармонические колебания, при которых рейка A линейно перемещается вдоль оси X, а цилиндр B совершает вращательные колебания.



Пусть при смещении рейки A на расстояние x относительно положения статического равновесия пружины с жесткостями k_1, k_2 деформированы, тогда эффективная жесткость k_0 системы равна … (Считать, что в точках касания рейки A с цилиндром B и катком C проскальзывание отсутствует. Массами катка C, пружин, рычага с плечом l и силой трения качения можно пренебречь.)

1) $k_0 = k_1 + k_2 \dfrac{l^2}{r^2}$ 2) $k_0 = k_1 \dfrac{l^2}{r^2} + k_2$

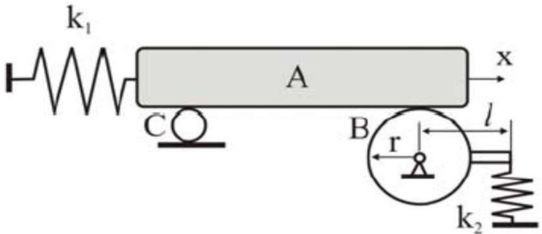
3) $k_0 = (k_1 + k_2)\dfrac{l^2}{r^2}$ 4) $k_0 = k_1 + k_2 \dfrac{r^2}{l^2}$

Ответ: 1

При решении этого задания учитывайте ответы на предшествующие задания (№13 и №14). Если ответ на задание №13 или №14 неправильный, то ответ на задание №15 не учитывается, даже если он «угадан» верно.

Задание 15

Колебательная система состоит из упруго закрепленной горизонтальной рейки A с массой $m_1 = 1{,}00$ кг, которая лежит на катке C и на подпружиненном цилиндре B с радиусом качения $r = 20$ см и массой $m_2 = 0{,}50$ кг (см. рисунок). Система совершает гармонические колебания, при которых рейка A линейно перемещается вдоль оси X с началом отсчета в положении статического равновесия, а цилиндр B совершает вращательные колебания.



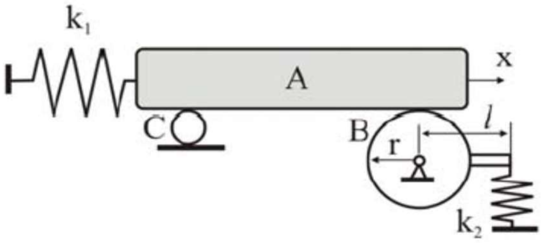
Тогда циклическая частота собственных колебаний системы равна ___ с$^{-1}$. (Считать, что в точках касания рейки A с цилиндром B и катком C проскальзывание отсутствует. Массами катка C, пружин с жесткостями $k_1 = 20$ Н/м, $k_2 = 10$ Н/м, рычага с плечом $l = 22$ см и силой трения качения можно пренебречь. Ответ определите в секундах в минус первый степени и округлите до десятых.)

Ответ: 5,1

При решении этого задания учитывайте ответ на предшествующее задание (№15). Если ответ на задание №15 неправильный, то ответ на задание №16 не учитывается, даже если он «угадан» верно.

Задание 16

Колебательная система состоит из упруго закрепленной горизонтальной рейки A с массой $m_1 = 1{,}00$ кг, которая лежит на катке C и на подпружиненном цилиндре B с радиусом качения $r = 20$ см и массой $m_2 = 0{,}50$ кг (см. рисунок). Система совершает гармонические колебания, при которых рейка A линейно перемещается вдоль оси X с началом отсчета в положении статического равновесия, а цилиндр B совершает вращательные колебания.



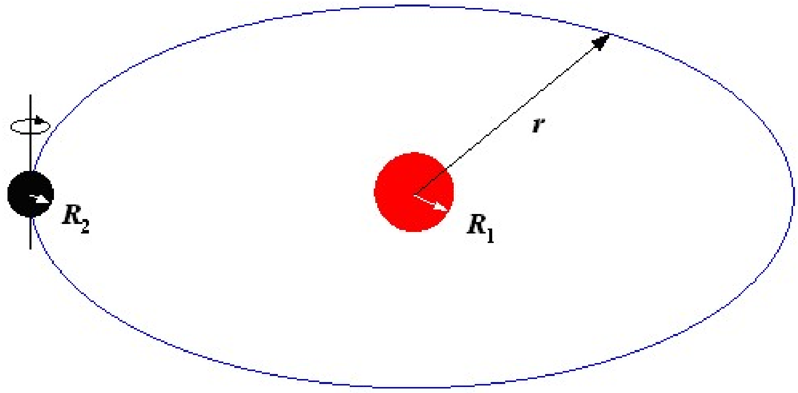
Тогда период собственных колебаний системы равен ___ с.

(Считать, что в точках касания рейки A с цилиндром B и катком C проскальзывание отсутствует. Массами катка C, пружин с жесткостями $k_1 = 20$ Н/м, $k_2 = 10$ Н/м, рычага с плечом $l = 22$ см и силой трения качения можно пренебречь. Ответ определите в секундах и округлите до десятых.)

Ответ: 1,2

Задание 17

Вокруг звезды радиусом R_1 по круговой орбите радиусом r вращается планета радиусом R_2. Длина волны, на которую приходится максимум излучения звезды, равна λ_{m1}.



Если звезда излучает как абсолютно черное тело, то за 1 секунду излучается энергия $W_1 =$ ____, а на планету за это время попадает энергия $W_2 = \ldots$ (Постоянную Стефана–Больцмана σ и постоянную Вина b считать известными.)

1) $W_1 = 4\pi R_1^2 \sigma \dfrac{b^4}{\lambda_{m1}^4}$, $W_2 = \sigma \dfrac{\pi R_1^2 R_2^2 b^4}{r^2 \lambda_{m1}^4}$

2) $W_1 = 4\pi R_1^2 \sigma \dfrac{b^4}{\lambda_{m1}^4}$, $W_2 = \sigma \dfrac{4\pi R_1^2 R_2^2 b^4}{r^2 \lambda_{m1}^4}$

3) $W_1 = \pi R_1^2 \sigma \dfrac{b^4}{\lambda_{m1}^4}$, $W_2 = \sigma \dfrac{\pi R_1^2 R_2^2 b^4}{r^2 \lambda_{m1}^4}$

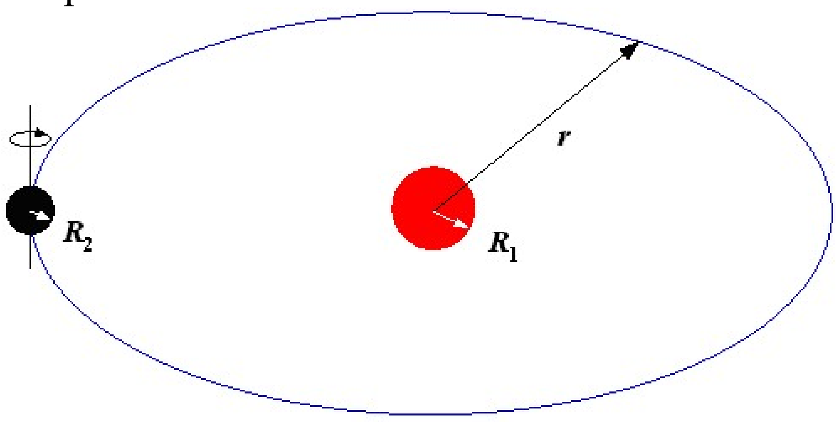
4) $W_1 = \pi R_1^2 \sigma \dfrac{b^4}{\lambda_{m1}^4}$, $W_2 = \sigma \dfrac{4\pi R_1^2 R_2^2 b^4}{r^2 \lambda_{m1}^4}$

Ответ: 1

При решении этого задания учитывайте ответ на предшествующее задание (№17). Если ответ на задание №17 неправильный, то ответ на задание №18 не учитывается, даже если он «угадан» верно.

Задание 18

Вокруг звезды радиусом R_1 по круговой орбите радиусом r вращается планета радиусом R_2. Сутки на планете длятся гораздо меньше года. Длина волны, на которую приходится максимум излучения звезды, равна λ_{m1}. Звезда излучает как абсолютно черное тело. Планета окружена прозрачной атмосферой. Звезда является единственным источником энергии на этой планете.



Если планета является абсолютно черным телом, то ее среднюю температуру T_2 и длину волны, на которую приходится максимум излучения, можно рассчитать по формулам $T_2 =$ ____, $\lambda_{m2} =$ ____. Если же планету рассматривать как серое тело с коэффициентом поглощения $a = 0{,}5$, то рассчитанная температура планеты $T_2' =$ ____$\cdot T_2$, а максимум излучения будет приходиться на длину волны $\lambda_{m2}' =$ ____$\cdot \lambda_{m2}$. (Постоянную Стефана – Больцмана σ и постоянную Вина b считать известными.)

1) $T_2 = \dfrac{b}{\lambda_{m1}}\sqrt{\dfrac{R_1}{2r}}$, $\lambda_{m2} = \lambda_{m1}\sqrt{\dfrac{2r}{R_1}}$, $T_2' = T_2$, $\lambda_{m2}' = \lambda_{m2}$

2) $T_2 = \dfrac{b}{\lambda_{m1}}\sqrt{\dfrac{R_1}{r}}$, $\lambda_{m2} = \lambda_{m1}\sqrt{\dfrac{r}{R_1}}$, $T_2' = \dfrac{T_2}{2}$, $\lambda_{m2}' = 2\lambda_{m2}$

3) $T_2 = \dfrac{b}{\lambda_{m1}}\sqrt[4]{\dfrac{R_1^2 R_2^2}{r^4}}$, $\lambda_{m2} = \lambda_{m1}\sqrt[4]{\dfrac{r^4}{R_1^2 R_2^2}}$, $T_2' = T_2$, $\lambda_{m2}' = \lambda_{m2}$

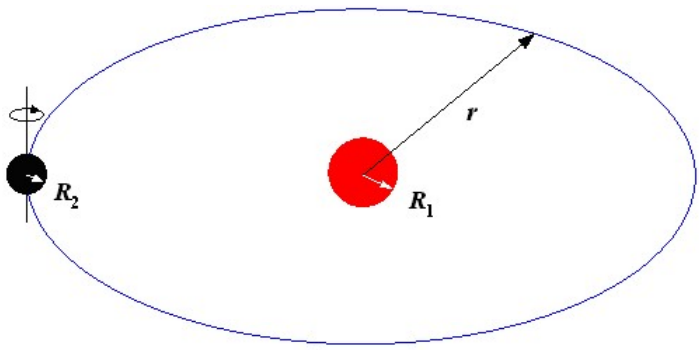
4) $T_2 = \dfrac{b}{\lambda_{m1}}\sqrt{\dfrac{R_2}{2r}}$, $\lambda_{m2} = \lambda_{m1}\sqrt{\dfrac{2r}{R_2}}$, $T_2' = T_2$, $\lambda_{m2}' = \lambda_{m2}$

Ответ: 1

При решении этого задания учитывайте ответ на предшествующее задание (№18). Если ответ на задание №18 неправильный, то ответ на задание №19 не учитывается, даже если он «угадан» верно.

Задание 19

Вокруг звезды радиусом R_1 по круговой орбите радиусом r вращается планета радиусом R_2. Сутки на планете длятся гораздо меньше года. Длина волны, на которую приходится максимум излучения звезды, равна λ_{m1}. Звезда излучает как абсолютно черное тело. Планета окружена прозрачной атмосферой. Звезда является единственным источником энергии на этой планете.



Планета является абсолютно черным телом, ее средняя температура равна T_2, а максимум ее теплового излучения приходится на длину волны λ_{m2}. В результате мощного извержения сразу нескольких вулканов все небо над планетой оказалось затянуто абсолютно черными облаками вулканического пепла. Если пепел не рассеется, температура планеты станет равной $T_3 =$ ____$\cdot T_2$, а длина волны, на которую приходится максимум излучения планеты, станет равной $\lambda_{m3} =$ ____$\cdot \lambda_{m2}$.

1) $T_3 = \dfrac{1}{\sqrt[4]{2}} \cdot T_2$, $\lambda_{m3} = \sqrt[4]{2} \cdot \lambda_{m2}$

2) $T_3 = T_2$, $\lambda_{m3} = \lambda_{m2}$

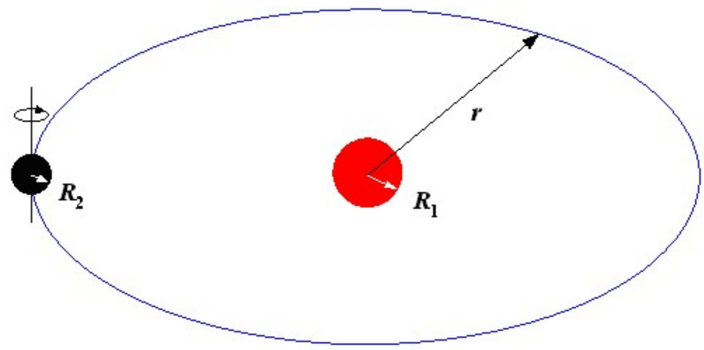
3) $T_3 = \sqrt[4]{2} \cdot T_2$, $\lambda_{m3} = \dfrac{1}{\sqrt[4]{2}} \cdot \lambda_{m2}$

4) $T_3 = \dfrac{1}{2} \cdot T_2$, $\lambda_{m3} = 2 \cdot \lambda_{m2}$

Ответ: 1

Задание 20

Вокруг звезды радиусом R_1 по круговой орбите радиусом r вращается планета радиусом R_2. Сутки на планете длятся гораздо меньше года. Длина волны, на которую приходится максимум излучения звезды, равна λ_{m1}. Звезда излучает как абсолютно черное тело. Планета окружена прозрачной атмосферой. Звезда является единственным источником энергии на этой планете.



Планета является абсолютно черным телом, ее средняя температура равна T_2, а максимум ее теплового излучения приходится на длину волны λ_{m2}. Если в результате антропогенных факторов в атмосферу будут выброшены примеси, прозрачные для длин волн вблизи λ_{m1}, но поглощающие свет с длиной волны λ_{m2}, то средняя температура планеты…

1) повысится
2) понизится
3) не изменится
4) может как повыситься, так и понизиться

Ответ: 1

Задания первого тура Международной Интернет-олимпиады 2023
Профиль «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ»

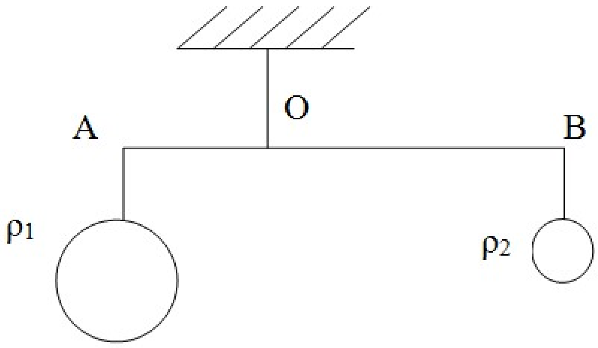
Задание 1

По обочинам дороги сонаправленно двигаются колонна «джентльменов удачи» и колонна милиционеров на велосипедах. У «джентльменов удачи» скорость – 20 км/ч и расстояние между бегущими – 20 м, а у милиционеров – 40 км/ч и 30 м. Наблюдатель, который хочет двигаться так, чтобы каждый раз, когда его догоняет милиционер, он бы догонял одного из «джентльменов удачи», должен двигаться со скоростью ______ км/ч.

Ответ: 28

Задание 2

Два шарика привели в состояние равновесия на тонком невесомом стержне, причем расстояние от центра стержня до точки подвеса составляет 1/6 длины стержня (см. рис.). Если шарики погрузить в воду, то для сохранения равновесия их придется поменять. Плотность первого шарика в 2,5 раза меньше плотности второго шарика. Тогда плотность первого шарика равна _____ кг/м^3. (Плотность воды считать равной 1000 кг/м^3.)



Ответ: 1200

Задание 3

Расстояние между станциями метро «Деловой центр» и «Международная» равно 400 метрам. Поезд метро, отъехав от «Делового центра», набирает скорость вплоть до 36 км/ч, а перед «Международной» сбрасывает скорость. Известно, что время пути между станциями занимает 1 минуту, а при разгоне и торможении ускорение оставалось постоянным (необязательно равным). Тогда со скоростью 36 км/ч поезд прошел _____ метра(-ов).

Ответ: 200

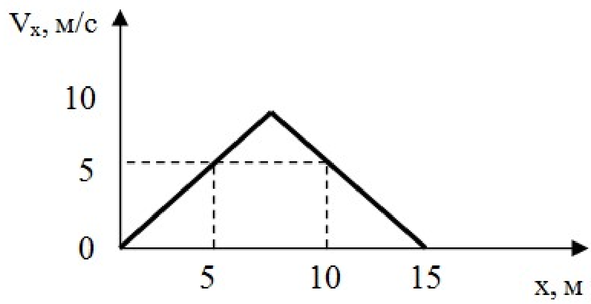
Задание 4

В однородное электрическое поле напряженностью E_0 = 50 мкВ/м внесли равномерно заряженную сферу радиусом 10 см. Если максимальный угол между векторами напряженности результирующего поля и поля E_0 равен 30°, заряд сферы равен _______. (Считать, что после внесения сферы в поле E0 распределение заряда на ней не изменилось. Принять $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$Ф/м. Ответ умножьте на 10^{18} и округлите до целого значения.)

Ответ: 2779

Задание 5

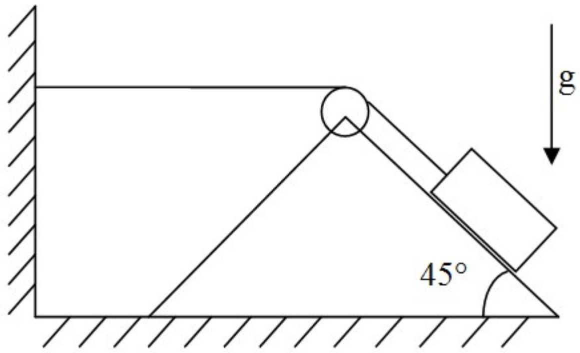
На рисунке приведен график зависимости проекции скорости V_x от координаты x. Ускорение a_x в момент времени, когда тело находится в точке с координатой x = 10 м, равно ______ м/с^2.



Ответ: –5

Задание 6

Прикрепленная к стенке и переброшенная через блок нить удерживает груз на гладкой грани призмы (см. рис.). Грань, на которой находится груз, составляет угол 45° с основанием, участок нити между стенкой и блоком горизонтален. Массами нити, блока и призмы, а также трением в оси блока можно пренебречь. Минимальное значение коэффициента трения между призмой и горизонтальной поверхностью, при котором призма может оставаться в покое, равно … (Ответ округлить до сотых)



Ответ: 0,71

Задание 7

Подвешенный к потолку на пружине шарик совершает гармонические колебания с амплитудой A = 50 см. Не останавливая колебаний шарика, снизу подносят упруго отражающую горизонтальную плоскость. Тогда, чтобы последовательные удары шарика о плоскость происходили через промежутки времени, составляющие 2/3 периода исходных гармонических колебаний, эту плоскость нужно поместить на расстоянии от положения равновесия, равном ______ см.

Ответ: 25

Задание 8

Конструкторское бюро «Катюша и тополя» испытывает баллистические свойства новых снарядов. Для этого ими выстреливают с постоянной скоростью, но под разными углами наклона. (Считать, что точка выстрела находится на поверхности земли.) В результате первые два снаряда улетели по горизонтали на одинаковое расстояние, но длительность полета второго снаряда была в $\sqrt{3}$ раз больше первого. В таком случае второй снаряд был выпущен под углом ____ градус(-а, -ов)

Ответ: 60

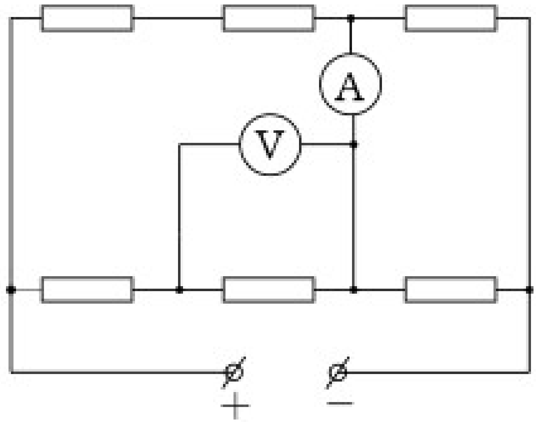
Задание 9

Зимой в Простоквашино заняться нечем, поэтому почтальон Печкин взялся за физические опыты. Для этого он вытащил из своего велосипеда все медные подшипники и нагрел их до 80°C. Температура шарика из этого подшипника, погруженного в ледяную воду, за 20 секунд упала до 55°C. Температура подшипника цилиндрической формы с высотой, равной радиусу, снизится до 55°C за _____ секунды. (Ответ округлить до десятых долей. Массу шарика и подшипника считать равной.)

Ответ: 16,5

Задание 10

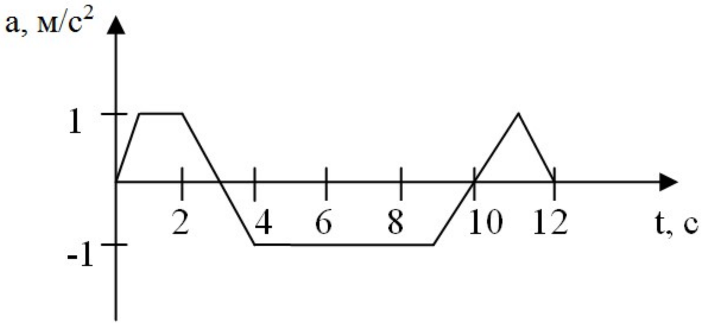
Цепь состоит из 6 идентичных резисторов (R = 1000 Ом), амперметра ($R \approx 0$) и вольтметра (см. рис.). Известно, что напряжение на зажимах равно 120 В, значение показаний амперметра 3 мА. Вольтметр покажет значение _____ В.



Ответ: 33

Задание 11

Частица движется в плоскости x,y. Ее скорость вдоль оси y постоянна и равна 3 м/с, а вдоль оси x – меняется. Начальное значение проекции скорости V_{0x} равно нулю, а зависимость ускорения a_x от времени представлена на рисунке. Максимальная скорость частицы равна ______ м/с.



Ответ: 5

Задание 12

После электромагнетизма почтальон Печкин решил исследовать газы и оценить плотность пара. Для этого он дома вскипятил чайник и измерил давление получившегося насыщенного водяного пара, которое оказалось равным половине значения атмосферного давления. Плотность получившегося насыщенного водяного пара можно оценить в _____ кг/м^3. Температура пара равна температуре кипения воды при атмосферном давлении (равном 10^5 Па) 373 К. Универсальную газовую постоянную R принять равной 8,31 Дж/(К*моль). (Ответ округлить до десятых долей).

Ответ: 0,3

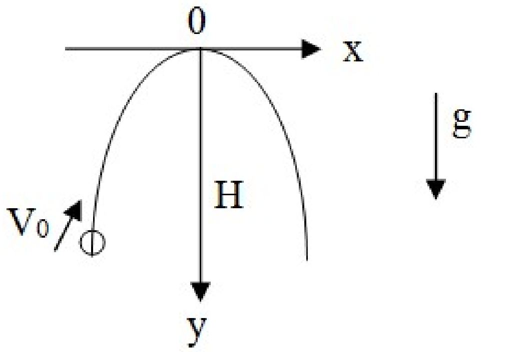
Задание 13

Частица движется так, что ее декартовы координаты меняются следующим образом: $x(t) = A\cdot\cos\omega t$, $y(t) = A\cdot\sin\omega t$, $z(t) = 2A\cdot\omega t$. При $A = 2$ и $\omega = 5$ с$^{-1}$ путь, пройденный этой частицей за 10 секунд, будет равен _____ м. (Ответ округлите до десятых долей.)

Ответ: 223,6

Задание 14

После газовых законов почтальон Печкин вернулся к своему велосипеду. Он согнул одну из гладких жестких спиц колеса в форме параболы $y = kx^2$ и расположил ее в вертикальной плоскости (см. рис.). Затем Печкин надел на спицу шариковый подшипник и запустил его со скоростью 5 м/с из точки, расположенной на 10 см ниже вершины параболы. При известном k = 2,5 спица не будет действовать на подшипник в течение всего времени его движения при начальной скорости равной ______ м/с. (Ускорение свободного падения g принять равным 10 м/с^2.)



Ответ: 2

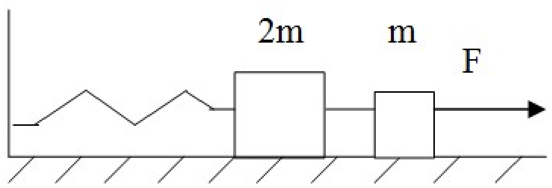
Задание 15

Имеется источник питания напряжением 18 В и три вольтметра. При подключении к источнику последовательно соединенных 1-го и 2-го вольтметров они показали напряжения 6 и 12 В соответственно. При подключении к источнику всех трех последовательно соединенных вольтметров 3-й показал 7,2 В. Если 2-й и 3-й вольтметры соединить параллельно, последовательно с ними включить 1-й вольтметр и получившуюся из вольтметров цепь подключить к источнику, то показания каждого из вольтметров будут равны ______ В.

Ответ: 9

Задание 16

Два груза массами m и 2m, лежащие на гладком горизонтальном столе, связаны невесомой нитью и прикреплены к стене пружиной (см. рис.). Пружина растянута, поскольку к одному из грузов приложена горизонтальная сила F = 300Н. В некоторый момент эту силу уменьшают в два раза. Сила натяжения нити сразу после уменьшения приложенной силы будет равна ______ Н. (Ответ округлить до целого значения.)



Ответ: 200

ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ
РАЗДЕЛ 1. МЕХАНИКА
1.1. Кинематика

1. $v = \sqrt{\frac{a}{2\beta}(1+\alpha^2)}$. 2. $v = \sqrt{g(L+2H)}$. 3. $L = \frac{\sqrt{V_1 V_2}}{g} \cdot (V_1 + V_2)$.

4. $V = \sqrt{2\sqrt{2} \cdot gR}$. 5. $a = \frac{v_1 v_2}{l}$. 6. $\frac{H_1}{L_1} = \frac{1}{16a}$.

7. $t_{\text{свеч1}} = \frac{(d_1 + d_2 + d_3)l}{d_1 v_2 - (d_2 + d_3)v_1}$, $t_{\text{свеч2}} = \frac{(d_1 + d_2 + d_3)l}{(d_1 + d_2)v_2 - d_3 v_1}$. 8. $t = \frac{10}{3} \cdot \frac{L}{v}$.

9. $\langle v \rangle = \frac{S_{\text{полное}}}{t} = \frac{\sqrt{3}a\tau}{\sqrt{3}+1}$. 10. $t = \frac{l}{U} + \frac{L}{V}$ при условии $\frac{l}{L} < \frac{(1 - U/V)}{2}$,

$t = \frac{L-l}{U}$ при условии $\frac{l}{L} > \frac{(1 - U/V)}{2}$. 11. 38,4 попугая. В 5 раз.

12. $x = OA - \frac{S}{\sqrt{(n^2 - 1)}}$. 13. 1) $H = L + \frac{L^2}{2g\Delta t^2} + \frac{g\Delta t^2}{2}$, 2) $t_1 = \Delta t + \frac{L}{g\Delta t}$,

3) $t_2 = \frac{L}{g\Delta t}$. 14. $v_{\text{л}} = 1{,}318 \cdot v_{\text{з}}$. 15. 1) $t_{\text{пад}} = \sqrt{\frac{2H}{(a+g)}}$;

2) $\Delta r(t) = at \cdot \sqrt{\frac{2H}{(a+g)}} - \frac{gH}{(a+g)}$; 3) $S = \frac{a^2 t^2}{2g} + \frac{g}{2}\left(\sqrt{\frac{2H}{(a+g)}} - \frac{at}{g}\right)^2$.

16. $s = \frac{2v_0^2 \cdot \cos^2\beta}{g \cdot \cos^2\alpha} \cdot (\cos\alpha \cdot \operatorname{tg}\beta - \sin\alpha)$.

1.2. Динамика

1. $v = a_{\max}\, t_0 \frac{1-\alpha}{\alpha} \ln\left(\frac{1}{1-\alpha}\right)$, $F_{\text{р}} = m_0 a_{\max}(1-\alpha)$.

2. $v_1 = v_0 e^{-\mu\varphi_1} = 0{,}73$ м/с; $v_2 = v_0 e^{-\mu\varphi_2} = 0{,}534$ м/с. 3. $v = \sqrt{2gh \ln\frac{l}{h}}$

4. $P(r) = \frac{2}{3}\pi\gamma\rho^2\left(R^2 - r^2\right)$, $P(0) = \frac{2}{3}\pi\gamma\rho^2 R^2$.

6. $F_{\text{торм}} = \rho S v^2 = G\frac{\rho S M}{R+h} = \frac{\rho S g R^2}{R+h}$. 7. $F \geq (1+\mu)(m_1 + m_2)g$.

8. $m_{\min} = M \cdot \dfrac{L - 2a}{a}$. 9. а) $\dfrac{m}{M} = \dfrac{3a\sqrt{a^2 + g^2}}{2(\sqrt{a^2 + g^2} - a)^2}$; б) $\mu \geq \dfrac{a}{g}$.

10. $a = \dfrac{T_2 - T_1}{T_4 - T_3} g$. 11. $a \leq \mu_1 g = 0{,}98$ м/с^2; или $a \leq \dfrac{Lg}{2h} = 6{,}125$ м/с^2, при μ_2. 12. $R = \dfrac{4m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$. 13. $\tau = \dfrac{h}{\ln \dfrac{v_2}{v_1}} \left(\dfrac{1}{v_1} - \dfrac{1}{v_2}\right)$.

14. а) $t_0 = \dfrac{\omega_0 R(1 + k^2)}{2kg(1 + k)}$; б) $n = \dfrac{\omega_0^2 R(1 + k^2)}{8\pi kg(1 + k)}$. 15. $a = \dfrac{g \sin\alpha}{1 - \cos\alpha}$.

16. $v = v_x = \dfrac{1}{k}\sqrt{g(\alpha \cdot \sin\alpha + \cos\alpha)}$. 17. $\mathrm{tg}\alpha \geq \dfrac{\mu_1 N - \mu_2}{\mu_1 \mu_2 (N + 1)}$.

1.3. Работа. Энергия. Законы сохранения

1. $H = h \cdot [3m_2/(m_1 + 6m_2)]^2$. 2. $v_{\min} = 0{,}49\,c$; $v_{\min}^{\text{из центра}} = 0{,}63\,c$, где c – скорость света. 3. Оторвётся, на высоте $h = \dfrac{2}{3}R$.

4. $\dfrac{kx_0}{2\mu mg} - 1 \leq N < \dfrac{kx_0}{2\mu mg}$. 5. $m = \dfrac{T\alpha}{2g(2 + \alpha)}$. 6. $h_1 = h \cdot \left[\dfrac{m_2}{(m_1 + m_2)}\right]^2$.

7. а) $v_0 = \sqrt{\dfrac{LgM}{(m + M)}}$; б) $\alpha = \mathrm{arctg}\sqrt{1 + \dfrac{m}{M}}$. 8. $\mu = \dfrac{2v^2 M}{Lg(M + m)}$, $V = \dfrac{M - m}{M + m} v$. 9. $\vec{v}_1' = \vec{v}_0 + \dfrac{mM}{(m + M)^2}\vec{u}$, $\vec{v}_1' = \vec{v}_0 - \dfrac{m}{(m + M)}\vec{u}$.

10. $v = \sqrt{2gx} \cdot \dfrac{l - x}{l}$. 11. $H = \dfrac{m_2 v^2}{2g(m_1 + m_2)} + h$.

12. $v_0 = \sqrt{gR\left[\dfrac{1}{\cos\alpha} + 2(1 + \cos\alpha)\right]} = \sqrt{gR\left[\dfrac{1}{\cos\alpha} + 4\cos^2\left(\dfrac{\alpha}{2}\right)\right]}$.

13. $S = H \cdot \dfrac{1 - \mu \cdot \mathrm{ctg}\alpha}{\mu} = H \cdot \left(\dfrac{1}{\mu} - \mathrm{ctg}\alpha\right)$. 14. $H = \dfrac{3L}{4}$.

РАЗДЕЛ 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

2.1. Молекулярная физика

1. $\upsilon = \sqrt{2gH\left(1 - \frac{pS}{mg}\right) + \frac{2}{m}\nu RT \ln\frac{pS}{mg}}$. 2. $T_{\max} = T_0\left(1 + \frac{2IU\tau}{3p_0V}\right)$, $T_2 = T_0\left(1 + \frac{2IU\tau}{3p_0V}\right)^{3/5}$. 3. В 19 часов. 4. $H = h/20$. 5. $P_1 = \frac{m_1}{\mu(H_2)}\frac{RT}{V}$, $P_2 = \left(\frac{m_1}{3\mu(H_2)} + \frac{m_2}{\mu(O_2)} + \frac{m_3}{2\mu(N_2)}\right)\frac{3RT}{V}$, $P_3 = \left(\frac{m_1}{3\mu(H_2)} + \frac{m_3}{2\mu(N_2)}\right)\frac{3RT}{V}$

6. $x = \frac{1}{2}\left\{\left(H + l + \frac{P_0}{\rho g}\right) - \sqrt{\left(H + l + \frac{P_0}{\rho g}\right)^2 - 4l\left(H - \frac{P_0 s'}{\rho g(S - s')}\right)}\right\}$. Примечание: Решение имеет смысл, только при условии: $\frac{S}{s'} = \frac{P_0}{\rho g H} + 1$.

7. $T = T_0\,\frac{(3S_1 + S_2)}{2P_a(S_1 + S_2)}\left(P_a - k\,\frac{L}{4(S_2 - S_1)}\right)$ или $T = T_0\left(\frac{2S_1}{(S_1 + S_2)} + 1\right)\left(\frac{1}{2} - k\,\frac{L}{8P_a(S_2 - S_1)}\right)$. 8. $T_{\max} = 9{,}82\,\frac{p_0V_0}{\nu R}$.

9. $\mu = \frac{nT_0\rho_0R}{p_0}$. 10. $\frac{\Delta U_2}{\Delta U_1} = 1{,}8$. У гелия изменение внутренней энергии будет больше чем у водорода в 1,8 раза. 11. $\frac{P_2}{P_1} = \frac{7}{3} \approx 2{,}33(3)$ раза.

2.2. Термодинамика

1. $C = \frac{2pV}{T}$. 2. $\eta = \frac{n-1}{10n}$. 3. $\frac{L_ж}{L_ж + L_{тв}} = \frac{k(T_1 - T_{пл})}{k(T_1 - T_{пл}) + (T_2 - T_{пл})}$.

4. $A = C\left(T - T_0 - T_0\ln\frac{T}{T_0}\right)$. 5. $A = Q_2\,\frac{T_2 - T_1}{T_2} + Q_3\,\frac{T_3 - T_1}{T_3}$. 6. $\frac{\alpha}{\beta} = 4V_1$.

7. $A = \left(\dfrac{P_2}{P_1} - 1\right) \cdot R(T_2 - T_1) = (\eta - 1) \cdot R(T_2 - T_1)$. 8. $\eta = \dfrac{1}{4}\dfrac{\left(\sqrt{n} - 1\right)}{\left(\sqrt{n} + 1\right)}$.

9. $Q = \dfrac{2}{3}\nu R T_{\max}$. 10. $PV^n = const$, где $n = \dfrac{i\alpha - 2}{i\alpha} = 1 - \dfrac{2}{i\alpha}$.

РАЗДЕЛ 3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

3.1. Электростатика

1. $\alpha = \mathrm{arctg}(0{,}5) \approx 26{,}6^\circ$. 2. $\rho = \dfrac{\tau}{\varepsilon\varepsilon_0 \ln 2}$. 3. $F_\text{н} = \dfrac{kQ^2}{16\pi R^2}$.

4. $q = CU = \varepsilon_0 SE$. 5. $q = 2\pi a R^2$, $E = \dfrac{a}{2\varepsilon_0}$, $q = -6\pi R^2 a$.

3.2. Потенциал и энергия электрического поля

1. $Q_R = \dfrac{CU^2}{2}$, $Q_{2R} = 0$, $Q_{3R} = \dfrac{CU^2}{6}$.

2. $\upsilon_{\min} = \sqrt{2gL}\left\{\dfrac{q}{2L\sqrt{\pi m \varepsilon_0}} - 1\right\}$, при $\dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2} > mg$; Если $\dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2} \le mg$, то шарик упадет на землю при $\upsilon_{\min} = 0$. 3. $\Delta q = \dfrac{1}{3} q$.

4. $C' = C \cdot \dfrac{3\varepsilon + 1}{2(\varepsilon + 1)}$. 5. $\upsilon = \dfrac{q}{2} \cdot \sqrt{\dfrac{3}{2\pi\varepsilon_0 m l}}$. 6. $U_1 = 5U_0/8$; $U_2 = 3U_0/8$; $U_3 = U_0/4$; $U_4 = U_5 = U_0/8$; $U_6 = 0$. 7. $\upsilon = \left(\sqrt{R} - \sqrt{r}\right)\sqrt{2g \sin\alpha}$, $x = \sqrt{rR}$.

8. $\upsilon_2 = \dfrac{\upsilon_0\left(2 + \sqrt{3}\right)}{2}$, $\upsilon_3 = \dfrac{\upsilon_0\left(2 - \sqrt{3}\right)}{2}$. 9. $C = \dfrac{\varepsilon_0(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)S}{d \cdot \ln\left(\dfrac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right)}$.

3.3. Электрический ток

1. $I' = \dfrac{2}{3} I$. 2. а) При $\xi < U_0$, ток в цепи не будет идти при включении диода в любом направлении, и вольтметр будет показывать напряжение $V_1 = \xi$. б) При $\xi > U_0$, показания вольтметра

$V_2 = \dfrac{\xi R_1 + U_0 R_2}{R_1 + R_2}$. в) А если изменить полярность включения диода, то ток в цепи течь не будет, и $V_3 = \xi$. 3. $R_{полн} = 2r$. 4. $i = \dfrac{U_{CD}(R_2R_3 - R_1R_4)}{R_1R_2R_3 + R_1R_2R_4 + R_1R_3R_4 + R_2R_3R_4}$, в зависимости от порядка установки резисторов в электрическую цепь, сила тока, протекающего через амперметр А1 может быть равна либо 4,8 А, либо 5 А. 5. $q_1 = \dfrac{2}{9} \cdot \varepsilon C$. 6. $Q_2 = \dfrac{24}{5}\pi\varepsilon_0 UR$, $I = \dfrac{24\pi UR}{5\rho}$.

3.4. Электромагнетизм

1. $B = \dfrac{\mu_0 \mu I r}{2\pi R^2}$. 2. $P_{\max} = \dfrac{v^2 B^2 S d}{\rho}$. 3. $L = L_1 + L_2 + 2\sqrt{L_1 L_2}$. 4. $\omega = \dfrac{2\sigma B}{r\left(\rho + 2\mu_0\sigma^2\right)}$. 5. $L = \dfrac{\mu_0 l}{2\pi}\ln\dfrac{l}{a}$. 6. $I = \dfrac{4mg}{3aB}$.

РАЗДЕЛ 4. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

1. $\omega_{рез} = \sqrt{\omega^2 + \dfrac{p_a S^2}{Vm}} \approx 735$ рад/с. 2. $t = \dfrac{1}{4}\sqrt{\dfrac{3\pi}{G\rho}}$. 3. $\omega = \dfrac{c}{a}\sqrt{\dfrac{2d}{h\ln\dfrac{b}{a}}}$, где c – скорость света. 4. $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m + B^2L^2C}{k}}$. 5. $\beta_n = \sqrt{k^n\beta^2 + (1 - k^n)\alpha^2}$.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гельфгат И.М. 1001 задача по физике с ответами, указаниями, решениями / И.М. Гельфгат, Л.Э. Гейденштейн, Л.А. Кирик. – 5-е изд. – М.: Илекса, 2007. – 352 с.

2. Долгов А.Н., Муравьев С.Е., Соболев Б.В. Задачи вступительных экзаменов и олимпиад по физике с решениями. Молекулярная физика и термодинамика: учебное пособие / Под ред. С.Е. Муравьева. – М.: МИФИ, 2008. – 248 с.

3. Всероссийские олимпиады по физике. 1992–2001 / Под ред. С.М. Козела и В.П. Слободянина. М.: Вербум-М, 2002.

4. Воробьев И.И., Зубков П.И., Кутузова Г.А., Савченко О.Я., Трубачев А.М., Харитонов В.Г. Задачи по физике. / Под ред. О.Я. Савченко. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. —432 с.

5. Кондратьев А.С, Уздин В.М. Физика. Сборник задач. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 392 с.

6. Демков В.П., Кременцова Ю.Н., Студников Е.Л., Суров О.И. Задачи по физике вступительных экзаменов в МАИ в 1996 году. / Под ред. В.П. Демкова. – М: Изд-во МАИ, 1996. – 80 с.

7. Варламов С.Д., Зинковский В.И., Семёнов М.В., Старокуров Ю.В., Шведов О.Ю., Якута А.А. Задачи московских городских олимпиад по физике. 1986 – 2005: Под. ред. М.В. Семёнова, А.А. Якуты. – 2-е изд., исправл. – М.: МЦНМО, 2007. – 624 с.

8. Меледин Г.В., Захаров М.И., Черкасский В.С. Экзаменационные и олимпиадные варианты задач по электродинамике: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2001. 72 с.

9. Бубликов С.В., Кондратьев А.С. Методика обучения решению олимпиадных физических задач: Пособие для учителей. – СПб.: Издательство Санкт-Петербургского городского дворца творчества юных, 2001. – 115 с.

10. Физика: 3800 задач для школьников и поступающих в вузы / Под. ред. Н.В. Турчиной, Л.И. Рудаковой, О.И. Сурова. – М.: Дрофа, 2000. – 672 с.

11. Слободецкий И.Ш., Орлов В.А. Всесоюзные олимпиады по физике / Под. ред. И.Ш. Слободецкого. – М: Просвещение, 1982. – 256 с.

12. Кабардин О.Ф., Орлов В.А. Международные физические олимпиады школьников / Под. ред. В.Г. Разумовского. – М.: Наука. Глав. ред. физ.-мат. лит., 1985. –192 с. (Б-чка «Квант». Вып. 43)

13. Задачи московских физических олимпиад / Под. ред. С.С. Кротова. – М.: Наука. Глав. ред. физ.-мат. лит., 1988. –192 с. (Б-чка «Квант». Вып. 60)

14. Григорьев Ю.М., Муравьёв В.М., Потапов В.Ф. Олимпиадные задачи по физике. Международная олимпиада «Туймаада»: Под ред. Б.В. Селюка – М.: МЦНМО, 2007. – 160 с.

15. Физика: Сборник олимпиадных задач / Сост.: В.В. Батин, В.И. Ивлев, О.И. Подмарева. – Саранск: Изд-во Мордов. республиканского ин-та образования, 2005. – 80 с.

16. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Мельников Л.А., Савин А.В., Шевцов В.Н. Задачи физических олимпиад – Саратов: Издательский центр «Наука», 2015, – 144 с.

17. Сборник олимпиадных задач по физике: учебное пособие / К.Б. Коротченко, Н.С. Кравченко, Ю.Б. Моржикова и др., под ред. Н.С. Кравченко; Томский политехнический университет. - 2-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 142 с.

18. Сайт для подготовки к олимпиадам: https://mathus.ru/phys/

19. Сайт научно-популярного физико-математического журнала «Квант»: http://kvant.mccme.ru/